

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет Інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра Автоматики та управління в технічних системах

«До захисту допущено»

Завідувач кафедру

_____ Ролік О. І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології

на тему: «Інтегрована інформаційна система моніторингу та керування
на основі інтернету речей для розумної ферми»

Виконала: студентка 2-го курсу, групи

ІА-82мп

(шифр групи)

_____ Дяченко Каріне Карапетівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник _____ к.т.н, доцент каф. АУТС, Писаренко А. В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет _____ інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва)

Кафедра _____ автоматики та управління в технічних системах
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою

Спеціальність _____ 126 Інформаційні технології та системи
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ролік О. І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студентці

Дяченко Каріне Карапетівни

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Інтегрована інформаційна система моніторингу та
керування на основі інтернету речей для розумної ферми»

науковий керівник дисертації Писаренко Андрій Володимирович, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

доцент кафедри АУТС

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2019 р. №__

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження процеси ведення скотарства

4. Предмет дослідження моніторинг та керування процесами ведення скотарства
5. Перелік завдання, які потрібно розробити огляд існуючих рішень, огляд метрик моніторингу, огляд концепцій управління, модель системи, графічний матеріал
6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу: структурна схема системи, структурні схеми підсистем, функціональна схема системи, схема моделі, приклади роботи системи
7. Орієнтовний перелік публікацій: «Winter InfoCom Advanced Solutions 2019»,
8. Консультанти розділів дисертації
9. Дата видачі завдання – 28.10.2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Огляд існуючих рішень	2.09.2019 р.	
2.	Огляд метрик моніторингу	21.09.2019 р.	
3.	Огляд концепцій управління	28.09.2019 р.	
4.	Розроблення моделі системи	10.10.2019 р.	
5.	Розроблення схеми структурної	7.11.2019 р.	
6.	Розроблення схеми функціональної	11.11.2019 р.	
7.	Розробка стартап – проекту	15.11.2019 р.	
8.	Оформлення текстової документації	29.11.2019 р.	

Студент

Науковий керівник дисертації

<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div> (підпис)	<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;">Дяченко К. К.</div> (ініціали, прізвище)
<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div> (підпис)	<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;">Писаренко А. В.</div> (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дяченко К. К. Інтегрована інформаційна система моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2019.

Робота містить 129 с. тексту, 62 рисунки, 25 таблиць, 42 джерела та 2 додатки.

Оскільки зростає популярність автоматизованих систем для ефективного контролю процесів на великих підприємствах та фермах, створення інтегрованої інформаційної системи моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми є актуальною задачею.

Об'єкт дослідження – це процеси ведення скотарства.

Метою магістерської дисертації є підвищення ефективності роботи ферм за рахунок технологій інтернету речей.

Предметом дослідження є моніторинг та керування процесами ведення скотарства.

Ключові слова: розумна ферма, датчик, інтернет речей, моніторинг, керування.

ABSTRACT

Diachenko K. An integrated information system for monitoring and control based on the Internet of things for “a smart farm”. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, 2019.

The work contains 129 p. of text, 62 figures, 25 tables, 42 references and 2 additions.

As the popularity of automated systems is increasing for effective process control at large enterprises and farms, the researching of an integrated information system for monitoring and control based on the Internet of things for “a smart farm” is a pressing concern.

The object of the research is the processes of keeping livestock production.

The master's dissertation aims to increase the efficiency of farms through the technology of the Internet of things.

The subject of the research is the monitoring and control of livestock production processes.

Keywords: a smart farm, sensor, the Internet of things, monitoring, control.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ.....	11
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	12
2.1 Розробки проекту AfiMilk	12
2.2 Система COWLAR	17
2.3 LELU.....	19
2.4 Висновки до розділу.....	26
3 ОГЛЯД МЕТРИК МОНІТОРИНГУ	27
3.1 Опис	27
3.2 Висновки до розділу.....	32
4 ОГЛЯД КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ	33
4.1 Розвиток концепції управління в молочному тваринництві.....	33
4.2 Реалізація концепції управління	39
4.3 Висновки до розділу.....	41
5 ПОБУДОВА МОДЕЛІ СИСТЕМИ.....	43
5.1 Загальні відомості.....	43
5.2 Побудова моделі системи в Cisco Packet Tracer.....	55
5.3 Висновки до розділу.....	79
6 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	80
6.1 Опис структурної схеми	80
6.2 Висновки до розділу.....	82
7 РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ.....	83
7.1 Опис функціональної схеми	83
7.2 Висновки до розділу.....	85
8 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	86
8.1 Опис ідеї проекту	86
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту	89

8.3 Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту	90
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	97
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап – проекту	100
8.6 Висновки до розділу.....	104
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	108
Додаток А – Публікація	112
Додаток Б – Лістинг програмування мікроконтролеру та датчиків.....	Ошибка!
Закладка не определена.	

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

CPT – Cisco Packet Tracer

ПК – Персональний комп'ютер

ICAR – The International Committee for Animal Recording

ОК – Об'єкт керування

ЦУ – Ціль управління

DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

IoT – Internet of Things

WLAN – Wireless Local Area Network

I²C – Inter-Integrated Circuit

LTE – Long-Term Evolution

GPS – Global Positioning System

SCL – Serial CLock

IP – Internet Protocol Address

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач

MCU – Microcontroller Unit

JS – Java Script

SaaS – Soft as a Servive

PaaS – Platform as a Service

IaaS – Infrastructure as a Service

CLI – Command Line

ALOHA – Additive Links on-line Hawaii Area

ВСТУП

Зараз ми живемо в світі, де більшість повсякденних завдань спрощені або автоматизовані і з кожним роком ця тенденція зростає. У побут сучасної людини щільно увійшли технології автоматичного та віддаленого управління. Ці технології допомагають не тільки економити час, а й створюють комфортні умови експлуатації, ергономічності та надійності. Зростання популярності автоматизованих систем обумовлено прагненням людини до комфорту і зручності. Але не тільки людини. На ринку натільних гаджетів галузь тваринництва стала справжнім драйвером розвитку. Сьогодні можна відстежувати демографічну статистику стада за допомогою смартфона, точно визначати місце розташування втраченого теляти за допомогою GPS-нашийника і отримувати текстові повідомлення про початок зміни стану у корів.

За даними журналу *Sensors*, в найближчому майбутньому ринок натільних девайсів виросте з нинішнього \$ 1 млрд до \$ 2,5 млрд до 2025 р. Ця тенденція відображає популярність руху точного землеробства, де технологія впроваджена в кожен аспект життя аграрія: трактори обладнані автономними GPS-модулями; логістика на полях розробляється за допомогою дронів; автоматизовані доїльні апарати та інші футуристичні речі перейшли зі сфери наукової фантастики в реальний світ промислового сільського господарства [2].

Ідея таких спостережень полягає в тому, щоб підвищити ефективність догляду за тваринами і заощадити час і гроші на візити ветеринара.

Оскільки ми живемо в фактично в цифровому суспільстві, використання сучасних технологій і smart-приладів допомогло б ефективніше контролювати процес на великих підприємствах і фермах.

Тому створення інтегрованої інформаційної системи моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми є актуальною задачею.

Об'єктом дослідження є процеси ведення скотарства, предметом – моніторинг та керування процесами ведення скотарства.

Метою магістерської дисертації є підвищення ефективності роботи ферм за рахунок технологій інтернету речей.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та вирішені наступні задачі:

- огляд та аналіз існуючих систем моніторингу та керування;
- розроблення структурної схеми системи;
- розроблення функціональної схеми системи;
- розроблення моделі системи та її аналіз.

Результати досліджень, представлених в магістерській дисертації, були оприлюднені на VIII міжнародній науково-практичній конференції «Winter InfoCom Advanced Solutions 2019», м. Київ, 2-3 грудня 2019 року.

Модель інтегрованої інформаційної системи моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми була реалізована за допомогою пакету Cisco Packet Tracer. Розроблення та моделювання запропонованої системи здійснювалося з використанням мов програмування Python та Java Script.

Магістерська дисертація складається з наступних розділів: вступ, призначення і сфера застосування системи, огляд існуючих рішень, огляд метрик моніторингу, огляд концепції управління, побудова моделі системи, розроблення схеми електричної структурної, розроблення схеми електричної функціональної, розроблення стартап - проекту, висновки, список використаних джерел із 42 найменувань, 2 додатки.

Графічна частина включає 8 креслеників формату А3.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ

Система призначена для моніторингу та керування розумною фермою.

Сферою застосування є ферми, тваринні сільськогосподарські господарства, які спеціалізуються на молочному та м'ясному виробництві.

Проблема розширеного виробництва в молочній галузі на сучасному етапі розвитку потребує комплексного вирішення. Воно включає в себе розробку і апробацію інформаційної інтегрованої системи моніторингу та керування, основна ланка якої є управління здоров'ям тварин. Для створення такої системи потрібна буде принципово нова вимірювально-діагностична база, з впровадженням якої формується система, що забезпечує моніторинг стану здоров'я молочної худоби [2].

Така система вимагає розробки інноваційного програмно-математичного забезпечення, за допомогою якого і буде досягатися об'єднання всіх завдань. Крім отримання кінцевого результату, створення подібної системи дозволить автоматизувати роботу менеджерів ферм, фахівців-технологів, ветеринарних лікарів і іншого обслуговуючого персоналу.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Розробки проекту AfiMilk

AfiMilk – це інструмент управління для досягнення максимальної продуктивності та для збільшення прибутку на молочній фермі [3].

Індустріалізація молочної галузі за останні 30 років справила величезний вплив на управління та експлуатацію сучасних молочних ферм. Збільшений розмір стада призвів до кардинальних змін у підході до управління, віддаляючи фокус від окремої особи тварини в середньому до цілих груп. Цей підхід спричиняє значні втрати, тому особлива увага приділяється спостереженню за станом тварини та лікуванню, необхідним для підтримки здоров'я та вироблення молока [3].

Рішення AfiMilk для догляду за коровами – це багаторічний науково-дослідний і дослідницький досвід та досвід ведення сільського господарства, які допомагають досягти мети: автоматизувати навички фермера в розрізненні стану худоби, а саме від виявлення тічки до визначення конкретних показників стану здоров'я.

Система AfiMilk має успішні результати в спостереженні за станом тварин. Крім того, шляхом ідентифікації проблем з харчуванням, аналізу порушення процедури доїння і попередження про несправності обладнання, AfiMilk є важливим інструментом у запобіганні оперативних збитків на молочній фермі. Інструменти AfiMilk забезпечують керівників молочних ферм інформацією, яка необхідна для практичного догляду за худобою. Точне виявлення проблем за допомогою розробок AfiMilk дозволяє оператору зосередити увагу на конкретних коровах, які вимагають уваги, тим самим полегшуючи догляд окремих тварин у стадах будь-яких розмірів, скорочення невизначених проблем зі здоров'ям, поліпшення родючості та збільшення стада.

Збір та аналіз даних у режимі реального часу. Датчики AfiMilk, які встановлені в доїльних пунктах, збирають дані про худобу в режимі реального часу. Дані агрегуються та аналізуються з використанням AfiFarm – бази даних та програмного забезпечення, де є вбудовані звіти та інструменти, які пов'язані з різними аспектами управління молочною продукцією (рисунок 2.1).

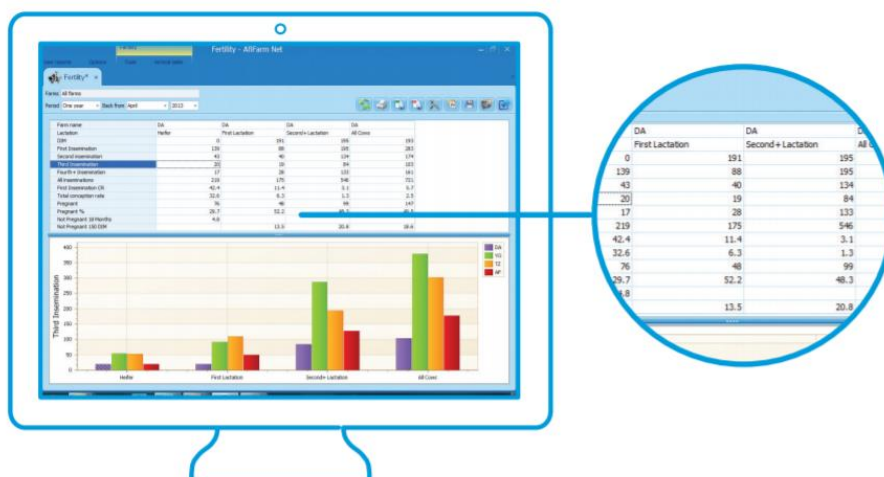


Рисунок 2.1 – Приклад звіту з використанням AfiFarm [3]

AfiMilk MPC – це лічильник молока, який затверджений ICAR. ICAR – це міжнародна організація, яка має на меті сприяти розвитку та вдосконаленню роботи обліку та генетичної оцінки сільськогосподарських тварин. Членами є організації, які записують тварин з різних країн світу, та партнери, які надають послуги в галузі запису тварин. Включає в себе вісімнадцять технічних груп, кожна з яких зосереджена на конкретних аспектах запису тварин або генетичної оцінки, тобто кожна частина системи виконує частку однієї великої роботи. Групи зазвичай охоплюють: стандарти та рекомендації, комунікації, опитування та інновації. Інформація про організацію доступна через веб-сайт ICAR (<http://www.icar.org/>), де повідомляється про щорічні засідання ICAR. ICAR виконує великий обсяг роботи, через експертів, які надають свій час та знання безкоштовно, щоб розвивались міжнародні стандарти та рекомендації щодо обліку тварин. Як наслідок цієї роботи, наявна інформація від членів ICAR по всьому світу використовуються для того, щоб допомогти фермерам приймати рішення, що призводять до більш ефективної роботи виробничого сектору тваринництва у всьому світі [4].

Ефективний лічильник молока вимірює об'єм надою та електропровідність молока, яку AfiMilk використовує для контролю здоров'я корів та виробництва молока. Зображений на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Лічильник Afimilk MPC [3]

AfiTag – це електронний транспондер розміщений навколо нижньої частини ноги тварини. Точно вимірює та бездротово передає параметри поведінки тварини (наприклад, активне ходіння або час відпочинку). Зображений на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Транспордер AfiTag [3]

AfiLab – це удосконалена технологія в системі Afimilk, яка надає інформацію про склад молока (жирність, білок, лактоза та кров) для оцінки цінності та якості молока (рисунок 2.4). Молочний склад також використовується для виявлення метаболічних проблем корови та інших специфічних проблем зі здоров'ям.



Рисунок 2.4 – Зображення AfiLab [3]

Програмне забезпечення включає в себе:

- алгоритми розширеного аналізу;
- розумні, автоматичні процедури оцінювання стану корів та їх лікування, виходячи з продуктивності;
- інтуїтивно зрозумілі екрани і звіти.

Використання програмного забезпечення AfiFarm всього кілька хвилин день, а саме використання інструментів для контролю підприємства, наприклад, AfiSort, дають керівнику господарства все необхідне для спостереження за стадом та впевненість, що худоба залишається у хорошій формі.

Висновки:

- кращий контроль за стадом збільшує прибуток у рази;
- доведений успіх у галузі;
- цінний внесок проекту в молочне виробництво доведений і підтверджений багаторічним досвідом;
- зменшення збитків, які спричинені поширеною хворобою, такою як мастит.

Мастит впливає на прибутковість ферми. Хоча мастит вражає лише високопродуктивних корів, він шкодить середньому виробленню молока.

Виявлення маститу. Завдяки унікальному аналізу електропровідності молока, поряд із виробничими показниками для кожної корови, AfiMilk визначає та

повідомляє про мастит зарання, ще до погіршення стану здоров'я худоби. Лікування маститу на ранніх термінах мінімізує втрати; корови швидше одужують і повертають свій виробничий потенціал.

Приклад графіку виявлення маститу представлений на рисунку 2.5.

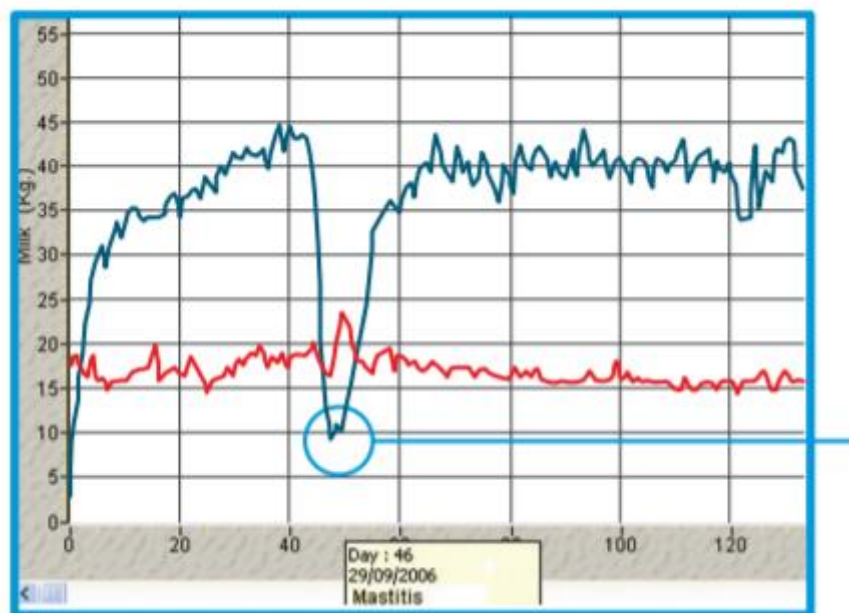


Рисунок 2.5 – Графік виявлення маститу [3]

Поліпшення народжуваності. Інтегрована система виявлення тепла (AfiAct) пропонує ефективний, найточніший спосіб виявлення вагітних тварин.

Відстеження проблем харчування. Молочним коровам для підтримки гарного стану здоров'я потрібна конкретна кількість поживних речовин. AfiMilk обчислює співвідношення жиру до білка (які було агреговано з аналізатора молока AfiLab) для оцінки енергетичного балансу корів та оповіщення про дефіцит поживних речовин, який може призвести до клінічного кетозу, а зміна в якості корму або незбалансоване співвідношення змішаних кормів може призвести до SARA (субгострого руїнального ацидозу) або синдрому низького вмісту молочного жиру.

Моніторинг ефективності процедури доїння. AfiMilk контролює кожний процес доїння, реєструючи криві потоку молока для кожної корови. Показники оцінюють процедуру доїння, цілісність машин та роботу дояльників. Ці показники

використовується для забезпечення доярів коригувальними діями для поліпшення процесів.

AfiMilk – це система, яка приносить покращення продуктивності для кожного господарства, шляхом максимального експлуатаційного використання ефективності та збільшення прибутку.

2.2 Система COWLAR

Логотип проекту зображений на рисунку 2.6.

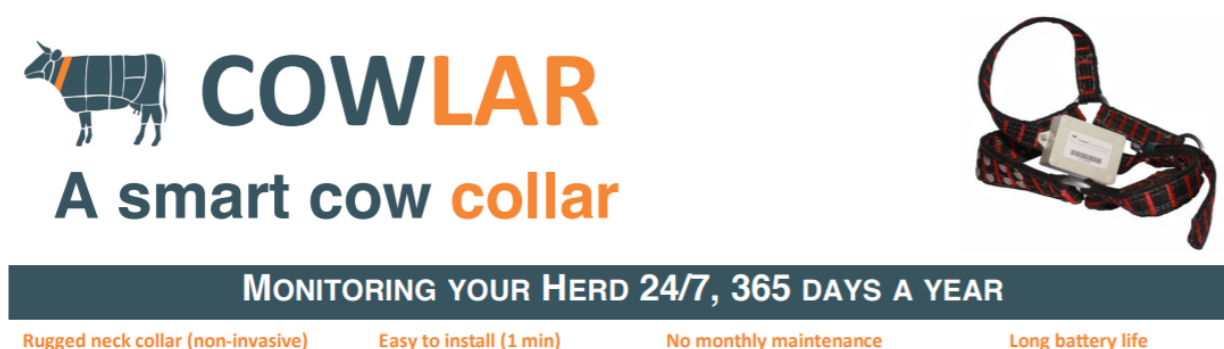


Рисунок 2.6 – Логотип проекту COWLAR [5]

Розумні неінвазивні нашійники відстежують температуру, активність та поведінку кожної корови. Діючі рекомендації допомагають значно підвищити дохід на молочних фермах [5].

Розумні нашійники відслідковують стан молочних корів 24 години на день, 365 днів на рік. Збираються дані про температуру та активність. Інтелектуальні алгоритми обробляють цю інформацію та надають уявлення про стан тварини. Це забезпечує потрібну видимість у операціях по господарству, що дозволяє керівникам господарств приймати обґрунтовані, своєчасні та вигідні рішення.

Розумний моніторинг дозволяє виявити розлади здоров'я до появи зорових симптомів. Раннє втручання при призначенні лікування та наявності надійного

варіанту селективного лікування на основі індивідуальних потреб тварин може заощадити час та гроші. На додачу до цього, відстежуються схеми руху тіла та поведінки худоби, щоб надати точні сповіщення про виявлення проблем. Потрібно просто прив'язати нашійник до шиї корів та встановити базовий блок сонячної енергії у будь-якому місці ферми. Розроблена з обережністю, щоб не порушувати жодних фермерських операцій, надійна, водонепроникна та неінвазивна система спостереження потребує технічного обслуговування раз на рік.

Швидко виявляйте проблеми зі здоров'ям та розпочніть раннє лікування. Поєднуючи дані температури, активності та поведінки кожної корови, створюється точна картина про стан здоров'я тварини. Програмне забезпечення генерує сповіщення, коли виявляється, що стан худоби погіршується. Це спонукає персонал зосередитись на меншу групу корів і за потреби викликати ветеринара.

Цілодобове стеження. Розумний моніторинг дозволяє цілодобово стежити за коровами. Традиційні методи виявлення, коли корові спекотно, або якщо візуальні симптоми пропускаються персоналом або з'являються вночі, можуть призвести до потенційної втрати доходу. Кожного разу, коли пропускається вагітність, господарство втрачає 21 день вироблення молока. Розумний нашійник може доповнити традиційні методи та значно підвищує шанси на успішне та своєчасне запліднення. Тепловий цикл ніколи не пропускається з розумним нашійником (рисунок 2.7).

Скорочення витрат. Cowlar поєднує в собі годування кожної корови, рівень стресу та активність, щоб допомогти оптимізувати розмір та споживання корму для корови у господарстві. Система також дозволяє автоматично відстежувати та вирішувати унікальні потреби кожної корови залежно від її стану та стадії (або її цикл лактації). Клієнти також побачили значне скорочення запланованих відвідувань ветеринара. Планується можливість надання клієнтам опції надсилання кожного звіту по конкретній худобі безпосередньо ветеринарові по електронній пошті.

Система полегшує життя персоналу, який працює в даній сфері, оскільки він може зосередитись та вирішити важливі проблеми, що відбуваються у господарстві. Це полегшує життя худоби, оскільки вони отримують кращий догляд, виробляють

більше молока, і це може допомогти власникам ферм покращити прибуток або маржу до 30%. Оскільки в молочній галузі останні два роки спостерігається коливання цін, введення новітніх технологій у ведення господарства лише полегшить роботу та ведення бізнесу [5].



Рисунок 2.7 – Рисунок розумного нашійника [5]

2.3 LELY

Система розпізнавання корів Qwes має різні теги, кожен з яких має свій власний фокус. Існує п'ять видів тегів. Вам потрібно вибрати тег, який найкраще відповідає вашому господарству, побажанням та цілям [6].

Перший тег – це Qwes ISO ID. Ідентифікація має важливе значення для автоматизованого доїння. Ідентифікатор ISO Qwes – це тег, спеціально створений для ідентифікації. Це означає, що кожен корову ідентифікують та розпізнають у роботі та на всіх інших периферійних пристроях Lely, які потребують ідентифікації (наприклад нашійник, який представлений на рисунку 2.8). Це найосновніший тип тегів, який є в портфоліо.

Другий тег – це Qwes H-LD. Найвищий шанс на успішне запліднення; навіть з худобою, яка має проблеми з родючістю.

Тег Qwes H-LD – це тег, який поряд з ідентифікацією вимірює активність окремих корів на великій відстані за 2 години. Після завершення 2-годинного блоку він буде надсилати цей звіт, поки новий 2-годинний блок не буде завершений. Дані

надсилаються в програму управління T4C без відвідування доїльного робота Lely Astronaut і потім обробляються, щоб повідомити робітників, про стан худоби. На основі цієї інформації T4C повідомить про найоптимальніший момент запліднення.

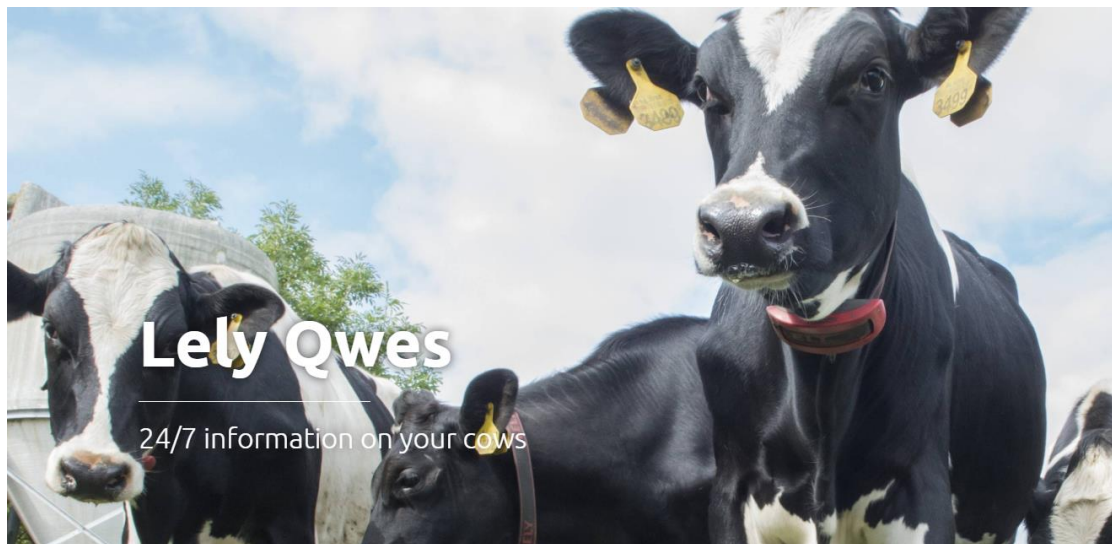


Рисунок 2.8 – Рисунок розумного нашійника [6]

Третій тег – це Qwes HR-LDn. Поєднання даних румінації та інших датчиків: найкраща основа для відтворення.

Окрім ідентифікації ця опція надає інформацію про активність румінації, загальну активність та стан здоров'я окремих корів, а також про стан молочного стада в цілому. Дані надсилаються дистанційно радіочастотами. Як результат, можна стежити за своїми доїльними коровами 24 години на добу.

Четвертий тег – це Qwes ISO LD Smarttag. Моніторинг випасу режимі реального часу для забезпечення правильного відображення стану здоров'я.

Окрім вимірювання активності та випасу худоби, ця мітка надає дані про поведінку румінації кожної корови. Це дає уявлення про оптимальний час запліднення для кожної корови та показує поточний стан здоров'я корови. Тег також постачається з можливістю пізніше додати функцію Lock Cow Locator.

Останній тег – це Qwes ISO LD. Ця опція існує, щоб переконатися, що час запліднення ідеальний.

З горловиною Qwes ISO LD ви маєте ідентифікацію ISO всередині робота, але теплові дії зчитуються антеною навіть на великих відстанях. Дані доступні в реальному часі (RealTime) за допомогою передачі даних. Антена приймає зчитувані сигнали до 75 метрів в одну сторону.

2.3.1 Система LELY Juno

Це система підштовування корму (рисунок 2.9). Вона стимулює часте споживання корму протягом дня та ночі (рисунок 2.10), що призводить до збільшення споживання корму худобою. Це не тільки позитивно позначається на здоров'ї тварин, але також покращує , виробництво та фінансові результати.



Рисунок 2.9 – Рисунок Lely Juno [6]

Здорова корова – це продуктивна корова, яка має 10 - 14 прийомів свіжого корму на день. З цієї причини життєво важливо, щоб корм завжди був доступний на заборі корму. Це забезпечує оптимальний, стабільний рівень рН та більш ефективне використання кормів.

Коли корови не можуть регулярно отримувати доступ до корму протягом дня, прийом великої кількості швидко ферментованих кормів викликає надзвичайне падіння рН тварин. Це може призвести до субклінічного ацидозу рубця, який пошкоджує стінку рубця. Крім того, корм занадто швидко пропускає рубці, тоді як бактерії, які ферментують сиру клітковину, малоефективні при низькому рН.



Рисунок 2.10 – Приклад роботи Lely Juno [6]

Регулярне, часте підштовхування корму важливо для підтримки здорових корів. Це спонукає їх частіше приходити до кормової огорожі і знову заповнювати свій рубчик.

Оптимальний прийом корму та постійна доступність. Свіжий корм – це найкращий мотиватор для корів, які можуть зайти до кормової огорожі. Використовуючи фуру для годування, годування два-три рази на день досягає оптимального балансу між кількістю роботи, яку вводять на фермі, та оптимальним споживанням корму. У той же час потрібно буде штовхати корм від 6 до 8 разів на день, щоб ваші тварини мали постійний доступ до корму.

Менший тиск на передні ноги та шию. Оскільки корм буквально доступний для всіх корів, їм більше не потрібно дотягуватися до кормів. Це знижує тиск на їх передні кігті та шиї.

Коли є обмежений запас корму, підлеглих корів часто відганяють, внаслідок чого вони роблять різкі повороти, що також надає додатковий тиск на кігті. Це може призвести до проблем із кігтями.

Менше стресу. Стрес та агресія на кормовій огорожі виникають, коли корм обмежений або важко доступний. Підлеглим коровам завжди доведеться чекати, поки більш домінуючі корови не закінчать їжу. Вони їдять швидко і часто меншу кількість. Якщо в наявності завжди є достатній смачний корм, цей стрес сильно зменшиться.

6 - 8 разове виштовхування корму на день зменшує кількість корму для споживання приблизно на 50% порівняно з 2 - 3 разами виштовхування корму.

2.3.2 Система управління Lely T4C

Система управління Lely T4C є основним джерелом інформації для молочної ферми. Вона забезпечує розуміння стану виробництва в реальному часі без зайвих клопот. Ви можете самостійно вжити заходів, коли і де це необхідно, а також можете діяти превентивно, ґрунтуючись на прогнозах.

Постійний огляд. Lely T4C розроблена спеціально для автоматичного доїння. Дані також посилаються на інше обладнання Lely, наприклад автоматичну систему годування Lely Vector. T4C переводить дані з ферми в корисну інформацію для чіткого розуміння результатів роботи. Це надійні дані, які можна використовувати для прийняття правильних рішень. Для негайних операцій на фермі серед корів або на більш тривалий термін. В обох випадках ключовою ланкою є оптимізація бізнесу.

Це дає змогу постійно контролювати, діяти на ранній стадії та надавати належну увагу коровам, які цього потребують. Це також допомагає оптимізувати розпорядок ферми та покращити результати бізнесу. Окрім T4C Office для отримання більш стратегічної інформації, існує мобільна версія T4C InHerd для щоденних завдань (рисунок 2.11).

Загальна уважність до здоров'я. Для ще більшого розуміння стану здоров'я корів було розроблено Lely T4C TotalHealth. TotalHealth – це компонент T4C, який спеціально адаптований до загального стану здоров'я корів.

Перший компонент T4C TotalHealth, який випустився, був TotalHealth. TotalHealth надає ще більшу підтримку у щоденних процедурах. Відразу можна помітити, яка саме корова потребує уваги. Це дозволяє втручатися швидше і більш цілеспрямовано. Це покращує стан здоров'я корови і, в свою чергу, операційний результат ферми.

Поліпшити здоров'я корів та заощадити час. Lely T4C дозволяє скористатися всіма даними, зібраними доїльним роботом Lely Astronaut під час процесу доїння.

Проте TotalHealth робить крок далі: дані перетворюються на аналіз здоров'я для кожної корови. З цього аналізу підраховується загальний показник здоров'я корів. Коли критичний поріг буде досягнуто, це буде показано, яка саме корова потребує уваги в TotalHealth. Оцінка здоров'я негайно показує причину. Це дозволяє вжити заходів негайно та цілеспрямовано. Це може бути перевірка в програмі управління для відокремлення корови згодом або візуальна перевірка на фермі.



Рисунок 2.11 – Мобільна версія T4C InHerd [6]

TotalHealth функції доступні безкоштовно як в T4C Office, так і в T4C InHerd.

Роздумуючи про ефективність. Завдяки функції TotalHealth ви можете скористатися ще більшою перевагою доїння за допомогою доїльного робота. Навіть після чверті століття автоматичного доїння з роботом компанія намагається придумати способи зробити роботу на фермі та навколо неї максимально ефективними та приємними. Здорові корови для цього безцінні. Компанія одночасно прагне оптимального стану здоров'я та виробництва корів.

Ваші дані в надійних руках. Компанія хоче, щоб люди розуміли і відчували себе комфортно з їхніми рішеннями та політикою програмного забезпечення T4C. У Lely

Data Charter T4C пояснюють, як саме захищаються інтереси щодо збору, аналізу, звітності та обміну даними.

У цьому статуті даних вони гарантують:

- ваша конфіденційність та безпека всіх ваших даних завжди дотримуються, повністю дотримуються всіх національних та міжнародних норм конфіденційності даних;
- ви контролюєте отримані вами дані і обмін ними;
- прагнення максимально ефективно підтримати вас в аналізі даних та звітності, щоб ви отримали користь від використання даних сьогодні та в майбутньому;
- дані з ваших систем Lely T4C використовуються для того, щоб клієнтські продукти та послуги повністю працювали. Це призведе до скорочення часу роботи машини, вдосконаленого профілактичного обслуговування та кращого розуміння ферм, що підвищить рентабельність господарств.

Lely T4C відрізняє терміни інформації, такі як "потрібно знати" та "добре знати". Як результат, ви можете сконцентруватися на коровах, які справді потребують вашої уваги. На ваш запит система може забезпечити повне уявлення про здоров'я всіх ваших корів. Переведення цих даних у корисну інформацію дозволяє робити вибір на основі знань на тривалий термін або швидко та точно діяти.

Простий у використанні. Система T4C спеціально розроблена для системи автоматичного доїння.

Вона також легко інтегрується з іншими системами Lely. Всього за три кліки ви зможете переглянути всі дані про своїх корів, які справді потребують уваги. Це чітко відображається на інформаційній панелі T4C.

Ясний погляд з першого погляду. На приладовій панелі T4C відображається вся відповідна інформація для кожної корови.

Існує кілька параметрів, таких як кількість доїння корови, поведінка доїння, швидкість молока та ефективність кормів.

Навчання у інших. Використовуючи Lely T4C, ви збільшуєте свій контроль над своїм бізнесом. Для подальшої оптимізації пропонується Benchmark. Це порівнює ефективність вашого бізнесу з показниками інших молочних ферм. Ділячись успішними способами роботи, ви можете додатково оптимізувати ефективність роботи вашої ферми. Анонімно і, звичайно, лише після затвердження.

Економія часу з розумною роботою. Незалежно від того, що ви снідаєте вранці чи зайняті іншими справами, ви завжди контролюєте. Розділяти корів для лікування дистанційно, керувати персоналом та знати, які завдання ще потрібно виконати: все це можливо за допомогою мобільного додатку T4C InHerd. Економія часу та розумна робота кожного дня за допомогою мобільних пристроїв.

Гнучкість та нагляд: завжди можливість діяти негайно. Розуміння в режимі реального часу, 24 години на день, сім днів на тиждень та 365 днів на рік, де б ви не були. Це те, що ви отримуєте з додатками T4C InHerd. Ви отримуєте постійний огляд всього, що стосується ваших корів на вашому смартфоні чи планшеті.

Худоба під контролем. Lely T4C InHerd є цінним доповненням для T4C Office для щоденних операцій на фермі та за її межами. Вона безперебійно інтегрується з системою автоматичного доїння і робочим годуванням. T4C InHerd - це чіткий та зручний додаток, який дозволяє вам бачити, що ваші корови роблять на фермі, де б вони не були і в будь-який час. Ви можете бачити поради, якщо такі є, які потрібно вжити.

2.4 Висновки до розділу

У розділі представлено огляд існуючих систем моніторингу та керування розумною фермою, які спеціалізуються на молочному виробництві, а саме AfiMilk, Cowlar та Lely. Розглянуті всі доступні опції та функції в вищезазначених системах, наведені переваги та висновки щодо використання тієї чи іншої існуючої системи моніторингу та керування

3 ОГЛЯД МЕТРИК МОНІТОРИНГУ

3.1 Опис

У даний час активно розвивається ринок інформаційних систем автоматизації тваринницьких господарств. У рамках автоматизації вирішується ряд завдань, пов'язаних з моніторингом виробничого процесу. Завдання моніторингу, в першу чергу, вирішують проблеми пошуку потенційно хворих тварин на основі виявлення деяких тенденцій і закономірностей при аналізі даних з датчиків. Розробкою алгоритмів, які здійснюють подібний аналіз і дозволяють знайти проблемні об'єкти виробництва, займаються вчені багатьох країн. У зв'язку з цим стає актуальною задача аналізу оцінки якості розроблених алгоритмів пошуку хворих тварин.

Для оцінки якості роботи алгоритму необхідно зіставити результати його роботи з думкою експерта(-ів). При використанні інтелектуальних методів аналізу даних в експертних оцінках присутні в навчальній вибірці в якості цільових значень. Якщо оцінки експертів повністю збігаються з результатами пошуку хворих тварин, то алгоритм є ідеальним, як і інформаційна система, заснована на ньому. На практиці, результати роботи різних алгоритмів в різному ступені близькі до результатів експертних оцінок, але також істотно відрізняються один від одного, так як в їх основі лежать різні ознаки пошуку хворих тварин. Заходами оцінки результатів роботи алгоритмів є метрики - кількісні показники, отримані шляхом зіставлення результатів роботи системи з висновками експертів, зробленими по відношенню до одного й того ж стаду.

Розглянемо задачу з точки зору інформаційного пошуку: система повинна з безлічі голів великої рогатої худоби тваринницького комплексу ідентифікувати хворих особин. Так як всіх тварин підприємства можна розділити на хворих і здорових по фактичному стану здоров'я і на хворих і здорових на "думку" системи, можна скласти таблицю спряженості (таблиця 3.1) [7].

Таким чином, кожна тварина потрапить в одну з наступних груп:

SF - виявлені хворі особини;

SN - невиявлені хворі особини;

HF - помилкова підозра на хворобу тварини;

NN - здорові особини, що не викликали підозр у системи.

Таблиця 3.1 – Загальний вигляд спряженості

	Хворі	Здорові
Виявлені	SF	HF
Невиявлені	SN	NN

Потрібно відзначити, що за одним критерієм тварин ділить людина-експерт (зоотехнік), а по іншому - система. За значеннями елементів таблиці обчислюється більшість метрик, які розглянуті нижче.

1) Повнота (recall) визначається як відношення кількості хворих особин з діагностованою неміччю до загальної кількості тварин з недугою (формула 3.1):

$$r = \frac{SN}{SF+SN}. \quad (3.1)$$

Вона характеризує діагностичну спроможність системи не упускати хворих тварин. Чим вище повнота, тим менше хворих тварин буде упущено при пошуку. Повнота ніяк не враховує кількість діагностичних помилок (помилкове віднесення здорових голів до числа підозрюваних у втраті здоров'я), тому не може застосовуватися в поодиночці як міра якості [8].

2) Точність (precision) обчислюється як відношення виявлених хворих особин до загальної кількості тварин з ознаками хвороби на думку системи (формула 3.2):

$$p = \frac{SF}{SF+HF}. \quad (3.2)$$

Точність характеризує здатність системи відбирати тільки дійсно хворих особин, проте, не враховує кількість хворих тварин, які не видала система. Точність,

як і повнота, не може застосовуватися в якості єдиного критерію якості при пошуку. Зазвичай повноту і точність використовують спільно [8].

3) F-міра (F-measure) використовується як єдина метрика, яка об'єднує повноту і точність. Вона обчислюється як гармонійне середнє повноти і точності (формула 3.3):

$$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{r} + \frac{1}{p}} = \frac{2rp}{r+p}. \quad (3.3)$$

4) R-точність. Для опису цієї метрики спочатку дамо визначення іншої характеристики з урахуванням специфіки розв'язуваної задачі. Точність на рівні n діагностованих тварин визначається як кількість хворих особин серед перших n знайдених голів рогатої худоби, поділене на n (формула 3.4) [8].

R-точність (R-precision) дорівнює точності на рівні R особин для R , рівній кількості голів тварин з хворобою

$$R = SF + SN. \quad (3.4)$$

Ця метрика малочутлива до частки хворих особин у всьому поголів'ї.

5) Середня точність визначається наступним чином: нехай на фермі є R хворих особин. Точність на рівні i -ї хворої тварини $p(i)$ дорівнює точності на рівні $\text{pos}(i)$ особини, якщо i -а хвора тварина знаходиться на позиції $\text{pos}(i)$ в списку упорядкованих по ступіню підозри хвороби особин. Якщо захворювання i -ї хворої тварини не діагностовано, то $p(i) = 0$ [9].

Середня точність дорівнює середньому значенню величини $p(i)$ по всьому R хворих особин (формула 3.5):

$$p_{aver} = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R p(i), R = SF + SN. \quad (3.5)$$

6) Акуратність (accuracy) – це відношення правильно прийнятих системою рішень до загальної кількості рішень [9]. Формально обчислюється за формулою 3.6:

$$a = \frac{SF+HN}{SF+HN+HF+SN} . \quad (3.6)$$

7) Помилка (error) – це відношення неправильно прийнятих системою рішень до загальної кількості рішень [9]. Формально обчислюється за формулою 3.7:

$$e = \frac{HF+SN}{SF+HN+HF+SN} . \quad (3.7)$$

8) Інформаційний шум обчислюється як відношення числа помилкових висновків про хвороби тварини до загальної кількості висновків про хвороби [9]. Формально обчислюється за формулою 3.8:

$$n = \frac{HF}{SF+HF} . \quad (3.8)$$

9) Втрати інформації – це ставлення числа пропущених системою шуканих хворих тварин до загальної кількості хворих особин (формула 3.9) [10]:

$$l = \frac{SN}{SF+SN} . \quad (3.9)$$

10) Специфічність (specificity) – це відношення числа здорових тварин, що не запідозрених системою в захворюваннях, до загальної кількості здорових особин (формула 3.10) [10].

$$sp = \frac{HN}{HF+HN} . \quad (3.10)$$

11) Вибірковість (selectivity) – це відношення кількості тварин, віднесених системою до хворих, до загального поголів'я на підприємстві (формула 3.11) [10].

$$e = \frac{SF+HF}{SF+HN+HF+SN} . \quad (3.11)$$

Результати досліджень. Для дослідження було взято розроблений алгоритм, заснований на аналізі відхилень параметрів тварин.

Застосувавши алгоритм до підготовленої тестової вибірки даних і, розрахувавши метрики, були отримані величини, відображені в таблиці 3.2.

Виходячи з даних величин, були розраховані метрики, які зведені в таблицю 3.3.

Отримані значення можуть бути використані для балансування співвідношення кількості помилкових діагностик хвороби до числа не знайдених хворих особин (збільшення повноти за рахунок зниження точності і навпаки), а також порівняння алгоритму з його аналогами.

Таблиця 3.2 – Таблиця спряженості для алгоритму відслідковування відхилень параметрів тварин

	Хворі	Здорові
Виявлені	39	4
Не виявлені	7	342

Таблиця 3.3 – Розрахунок метрик для алгоритму відслідковування відхилень параметрів тварин

Метрика	Значення
Повнота	0,848
Точність	0,907
F-міра	0,877

Продовження таблиці 3.3

Середня точність	0,802
Акуратність	0,972
Помилка	0,028
Інформаційний шум	0,093
Втрата інформації	0,152
Специфічність	0,988
Вибірковість	0,110

3.2 Висновки до розділу

У висновку можна відзначити, що вибір метрик для інтелектуального аналізу стану здоров'я тварин покладається на фахівців з досвідом ведення молочного виробництва, проте порівняння алгоритмів діагностики стану тварин і вибір кращого з них рекомендується проводити з використанням описаних метрик.

4 ОГЛЯД КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ

Всі відхилення і помилки в годівлі та утриманні тварин, особливо корів з високою молочною продуктивністю, призводять до порушення обміну речовин, розладу функцій систем і органів, зниження резистентності та імунодефіциту, численних стресів і, як наслідок, до високої захворюваності і активації механізмів саморегуляції розмноження, тобто до безпліддя. Втрати від недоотримання молодняку в молочному тваринництві займає одне з перших місць серед усіх економічних втрат. Крім недоотримання приплоду, який слід прирівнювати до його загибелі, від кожної безплідної корови господарство недоотримує мінімум 25% удою за лактацію. До цього потрібно додати витрати на лікування на численні втрати, пов'язані з передчасною вибраковуванням цінних (найчастіше молодих) коров.

4.1 Розвиток концепції управління в молочному тваринництві

Для вирішення такої важливої стратегічної проблеми існує розроблена концепція управління станом здоров'я корів, де основні фактори управління - раціон і умови утримання. Для реалізації концепції розроблена теорія управління здоров'ям тварини. Основою теорії служать нові математичні моделі динаміки і діагностики показників здоров'я та прогнозування ранніх стадій захворювань і патологій, що ведуть до подальшого відбору корів. Математичні моделі доповнюються запропонованими алгоритмами оптимального управління станом здоров'я і продукційним процесом, де критерієм оптимальності служить прибуток. Крім годування і умов змісту, як фактори управління розглядаються лікувально-профілактичні заходи, для проведення яких передбачається використання інформації від системи зооветеринарного моніторингу стада. Розроблена концепція і теорія управління станом здоров'я тварин не мають світових аналогів [11].

У відповідності до запропонованої концепції, базовий елемент всього об'єкта керування (ОК) в задачі – це молочна корова. Саме для неї необхідно створити всі

необхідні умови, що забезпечують збереження здоров'я, а також здатність до отелення і подальшої лактації. Проте система господарювання, яка склалась, частіше за все передбачує утримання в одному приміщенні відразу багатьох тварин, які можуть бути об'єднані в групи. У цьому випадку ми маємо більш складну структуру ОК, де у відношенні кліматичних та санітарно-гігієнічних умов ОК служить окреме приміщення для тварин - ферма, а по кінцевому результату (задану кількість молока) - певним чином сформовані групи коров.

Базовий елемент цієї групи, тобто корова як об'єкт виробництва молока, володіє наступними важливими властивостями: протягом лактаційного періоду її добова продуктивність змінюється (крива лактації, яка представлена на рисунку 4.1); річні лактаційні криві мають тенденцію до зростання і поступового зниження з віком і числом отелень, при цьому загальний довічний надій в цілому стає дедалі більше зі швидкістю, яка зменшується з віком (рисунок 4.2).

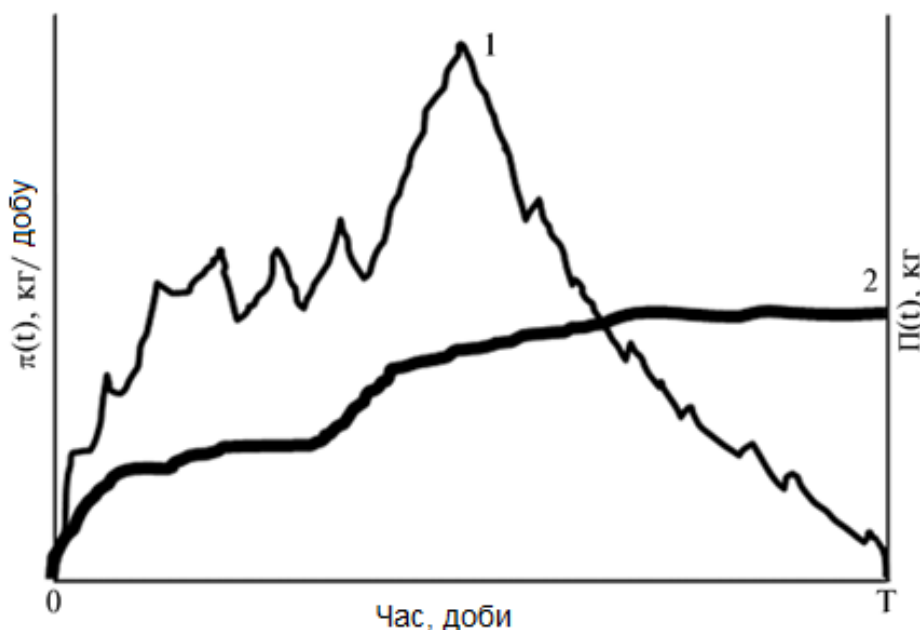


Рисунок 4.1 – Лактаційні криві корови [11]

де $\pi(t)$ – добовий удій (1), $\Pi(t)$ – загальний надій за лактаційний період (2).

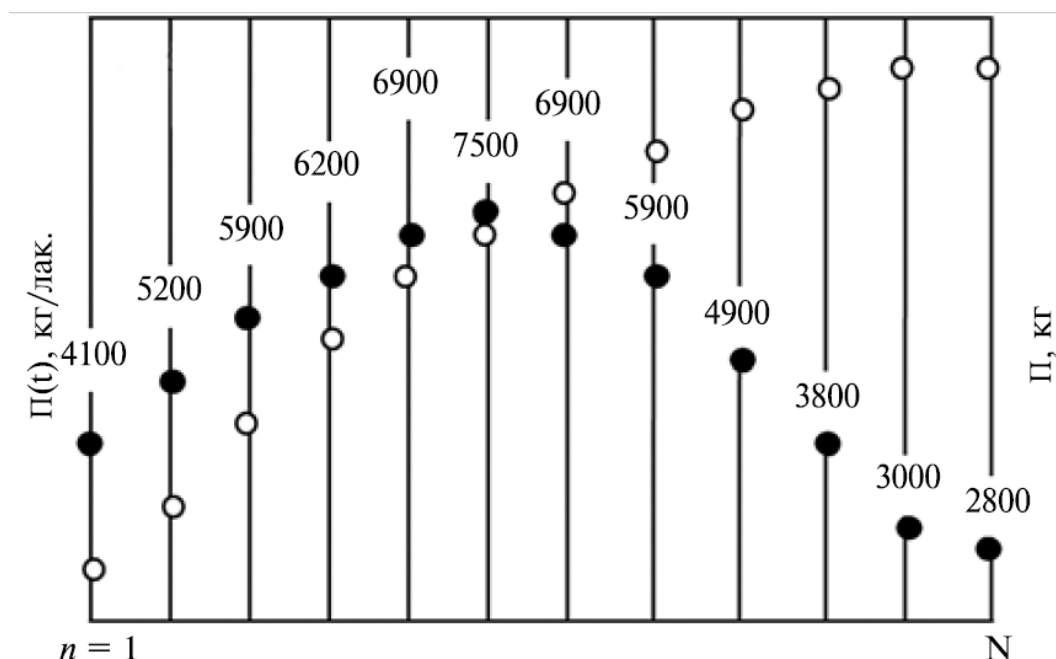


Рисунок 4.2 – Графік довічної лактації корови [11]

де \circ - загальний надій за n лактацій, Π ; \bullet - надої за n -х лактаціях, $\Pi(t)$; $n = 1, \dots, N$ – індекси і загальне число лактацій.

Узагальнення основних технологічних характеристик окремих коров і їх груп дозволяє виділити найважливіші особливості завдань управлінням ОК. По-перше, тварина як елемент загального ОК-групи може знаходитися в декількох істотно відмінних один від одного фізіологічних станах: нормальної лактації, тільності і сухостійності. Кожне з вказаних станів вимагає особливого підходу до годівлі і утриманню тварин, тобто самостійної стратегії управління станом тварини, що впливають на загальний результат. Це призводить до необхідності розділення загального стада на групи по перерахованим станам. По-друге, кожна тварина має прирону генетичною програмою по молоку і приплоду, а загальний процес управління його годуванням і змістом повинен забезпечити максимальну реалізацію такої програми. По-третє, інтенсифікація виробництва молока і м'яса призводить до необхідності групового утримання та обслуговування поголів'я, що ускладнює застосування індивідуального підходу до годівлі і утримання тварини та значною мірою знижує ступінь відтворення його природньої генетичної програми. По-

четверте, груповий спосіб годування і утримання змушує в якості базового ОК розглядати середню тварину в групі і по його стану синтезувати основні стратегії спостереження і управління. По-п'яте, наявність основних стратегій управління «в середньому по групі» не виключає необхідності їх локальних корекцій по індивідуальним станам тварин, при чому глибина таких корекцій визначається тільки технічною потенційною реалізацією отримання інформації про стан окремої тварини і можливістю надати лише особам індивідуальні умови годування і догляду. Наявність локального управління дозволить підвищити ступінь виробництва природної генетичної програми окремих тварин, тим самим істотно збільшує ефективність виробництва молока. Результат всього узагальнення - структура ОК (рисунок 4.3), відповідна одному лактаційного циклу (цикли повинні повторюватись стільки раз, скільки лактацій здійснюється в середньому по конкретній фермі). Після останнього циклу стадо на фермі повністю оновлюється [12].

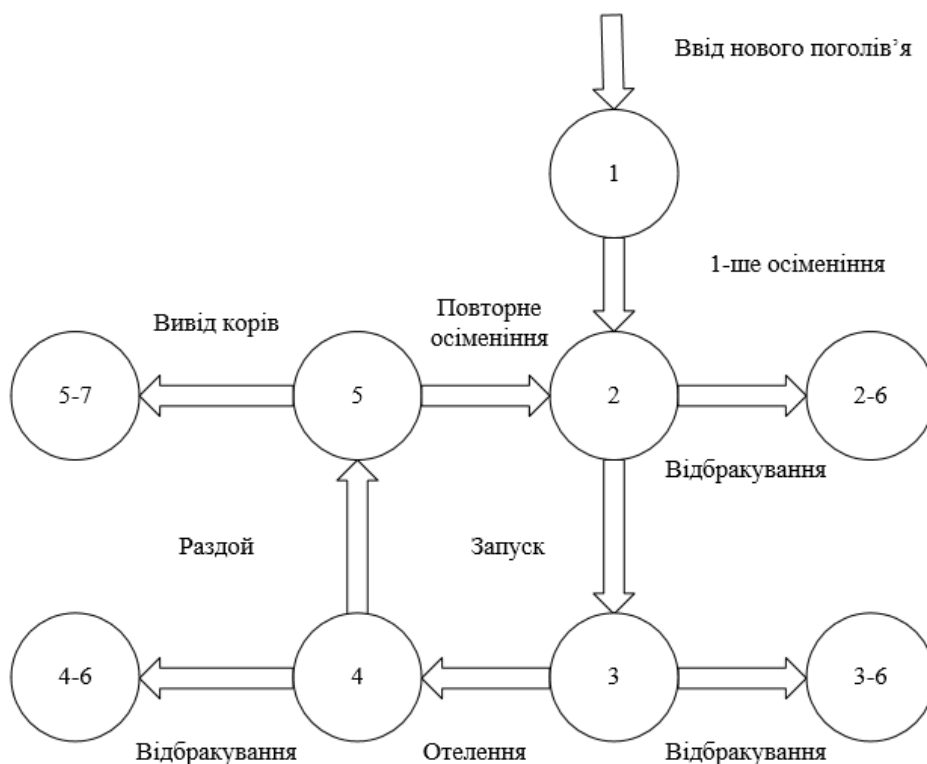


Рисунок 4.3 – Граф-схема об'єкту керування (ОК, тваринницька схема) [12]

де 1 - телиці, 2 - нетелі, 3 - сухостійні корови, 4 - новотелі, 5 - лактуючі корови, 6 - відраковані корови, 7 - корови, виведені з обороту по критерію ефективності.

Неможливість результативного запліднення відразу для всіх повторно запліднюваних корів, а також неодноразовість запуску, отелень і випадковість числа вибракуваних корів по стадіям циклу призводять до виникнення випадкових потоків тварин на кожній стадії. Тому випадковим буде і число корів в кожному із зазначених станів. Ця обставина істотно ускладнює процедури прогнозування і прийняття управлінських рішень.

Для повного вирішення задачі відповідно до розробленої теорії використовуються всі основні фактори, що впливають як на отримання прибутку, так і на збитки. Ці чинники поділяються на параметри стану, які представляють собою керовані змінні, і керуючі змінні, по змінам яких можливі модифікації параметрів стану, частина з яких відноситься до визначальних критеріїв оптимальності.

Параметрами стану є наступні показники: по продуктивності - добова продуктивність, маса тіла; за якістю молока - вміст жиру, вміст білка; за станом здоров'я - температура шкіри, температура тіла, частота пульсу, частота дихання, рН сечі, калу, крові і молока, вгодованість, число кетонових тіл в сечі, число рутонових тел в молоці, проміжок часу між прийомом корму і появи жуйки, число жувальних рухів, що витрачається на подрібнення одного харчового кома, тривалість жуйного періоду, число жуйних періодів протягом доби. Захворювання, що ведуть до відбраковування – це хвороби обміну речовин, травної системи, вимені, ніг, статевих органів, дихальної системи, маститі, яловості, перикардит, ендометрит, важкі пологи, кетоз печінки, інші незаразні захворювання.

Для зручності розуміння сенсу розв'язуваної задачі вводяться вектор управління U , який розбитий на три окремих підвектора, визначаючих три головних напрямки в забезпеченні сприятливих умов для тварин (формула 4.1):

$$U^T = [U_1^T, U_2^T, U_3^T], \quad (4.1)$$

де U_1^T, U_2^T, U_3^T - відповідно вектор компонентів раціонів, який враховує витрати всіх поживних елементів, добавок і вітамінів, вектор умов утримання, що включає параметри повітряного середовища і питної води, і вектор лікувально-профілактичних заходів.

Ціль управління (ЦУ) процесом виробництва молока в конкретній компанії - за період планування забезпечити заданий прибуток реалізації молока, отриманого в усіх структурних підрозділах. Виходячи з загальної стратегії розвитку компанії, її керівництвом обгрунтовується заданий прибуток. Він пропорційно розподіляється по всім фермам і групам тварин, які приймаються в якості ОК. У зв'язку з особливостями ОК, зазначеними вище, при постановці задачі дуже важливо правильно визначити період планування і управління. Планування тільки на один рік, як прийнято в даний час, повністю суперечить природній генетичній програмі тваринного і призводить до його передчасного відбраковування, при чому описаний процес має повсюдний і невідворотний характер. Тому загальний інтервал планування і управління повинен відповідати тривалості генетичної програми для відповідної породи. Формально ЦУ з урахуванням наведених міркувань може бути представлена в наступному виді для стада в середньому (формули 4.2 та 4.3):

$$\sum_{n=1}^{n^*} [M_n^* - (c_n \Pi_n(U_n) - r(U_n)) + \rho_n] \xrightarrow{U_n \in \Omega} \min \quad (4.2)$$

$$\Pi_n(U) \leq \Pi_n^*, \quad (4.3)$$

де $n = 1, 2, \dots, n^*$ - номери лактацій в генетичній програмі для породи корів, яка використовується; M_n^* - задана програма отримання прибутку від одної корови в середньому по стаду; c_n - прогнози цін на молоко; $\Pi_n(U)$ - річні надої в середньому по стаду по всьому життєвому циклу (функція вектору управління U); Ω - область допустимих значень; $r(U_n)$ - річні затрати (функція вектору управління U); ρ_n - втрати, пов'язані з відбракуванням; Π_n^* - генетична програма продуктивності по породі.

Відповідно до розробленої концепції і теорії досягнення мети (з урахуванням вищевказаних особливостей) ОК можливо за рахунок рішення трьох пов'язаних між собою завдань (рисунок 4.4): забезпечення проходження всього життєвого циклу від першої ($n = 1$) до останньої генетично можливої і економічно доцільної лактації ($n = n^*$) отримання умвного максимуму прибутку по кожному лактаційному періоду всього життєвого циклу; індивідуальної корекції умвного максимуму прибутку для корів і стада в середньому в реальному часі.

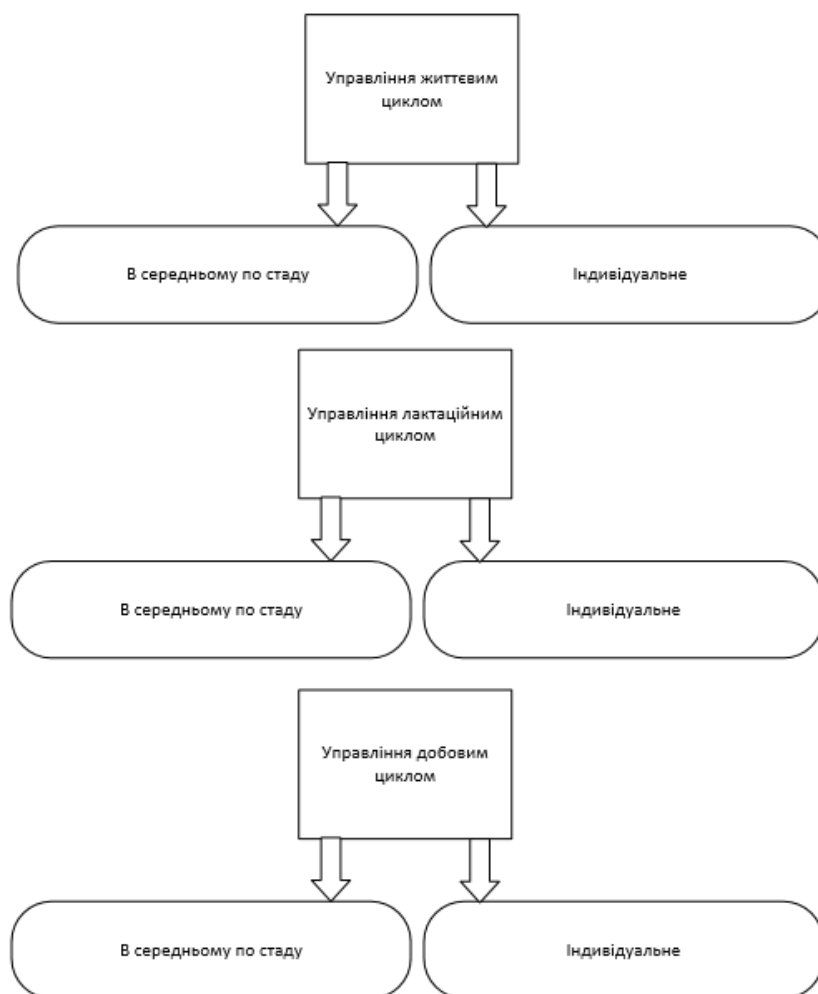


Рисунок 4.4 – Ієрархія основних задач управління станом дійного стаду [12]

4.2 Реалізація концепції управління

Оскільки основу запропонованої концепції становлять задачі управління станом зодов'я тварин, то успішне їх рішення багато в чому пов'язано з проблемою

контролю, діагностики захворювань і зменшення відбракованого поголів'я. Так може бути тільки при максимальному зниженні ролі людського фактору в управлінні виробництвом молока за рахунок використання сучасних технічних та вимірювальних засобів, інформаційних технологій і обчислювальної техніки. Всі зазначені компоненти інтегруються в системи фізіолого-біохімічного контролю цілісності харчування і резервів життєздатності для наступної трансформації такої системи в технологію фізіологічного моніторингу в молочному скотарстві. Для цього пропонується застосовувати спеціальні дистанційні датчики-вимірювачі, які закріплюються на тварині. Вказані датчики дозволять виміряти основні фізіологічні параметри і виявляти у тварин симптоми захворювань, безпосередньо пов'язаних з використанням раціону. Інформація від встановлених датчиків обробляється із застосуванням математичних моделей і алгоритмів діагностики і використовується для оперативного управління годуванням і проведенням профілактичних заходів, виключаючих відбракування тварин.

Важливий результат при вирішенні задачі управління станом здоров'я тварин полягає в суттєвому зменшенні витрат КК за рахунок їх заміщення високоякісними грубими волокнистими кормами власного приготування. Це стає можливим завдяки застосуванню сучасних ефективних систем адаптивно-ландшафтного землеробства, що включають високорентабельні кормові сівобороти. Особливо велика увага повинна приділятися розробці високоврожайних і стійких до природно-кліматичних умов регіона видових складів трав'яних сумішей кормів, технологій їх обробки, нових технічних засобів реалізації технологій і розвитку власного насінництва.

Реалізація такого складного комплексу технологій неможлива без створення інтегрованої інформаційної системи управління, в якій інтегровано в єдиний комплекс всі організаційні, технологічні, технічні та інформаційні завдання, яким визначається кінцевий результат із заданою надійністю (рисунки 4.5). Така система вимагає розробки інноваційного програмно-математичного забезпечення, за допомогою якого і буде досягатися об'єднання всіх завдань. Крім отримання кінцевого результату, створення подібної системи дозволить автоматизувати роботу менеджерів ферм, фахівців-технологів, ветеринарних лікарів і другого

обслуговуючого персоналу. Центральну завдання автоматизованої системи описує блок оптимізації раціонів, за допомогою якого здійснюється планування і оперативне управління виробництвом [12].

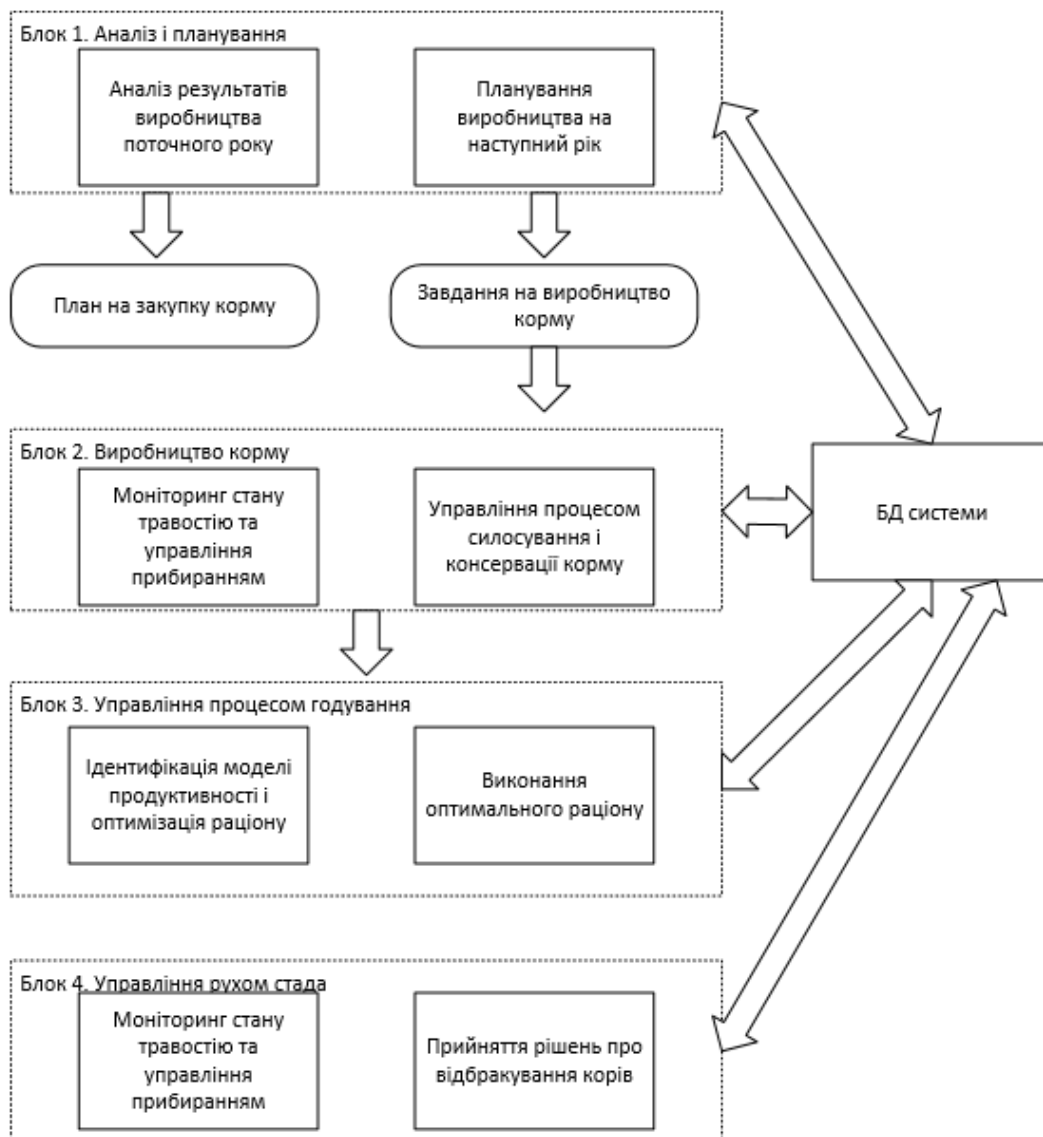


Рисунок 4.5 – Блок-схема автоматизованої системи виробництва молока [12]

4.3 Висновки до розділу

Таким чином, проблема розширеного виробництва молока на сучасному етапі розвитку галузі потребує комплексного вирішення. Воно включає в себе розробку і апробацію інформаційної інтегрованої системи управління та моніторингу, основна

ланка якої є управління здоров'ям тварин. Для створення такої системи потрібна буде принципово нова вимірювально-діагностична база, з впровадженням якої формується система, що забезпечує моніторинг стану здоров'я молочної худоби. Крім того, необхідно модернізувати кормову базу, основу якої повинні складати високопродуктивні суміші трав і нові технологічні лінії для приготування кормів із заданими властивостями.

5 ПОБУДОВА МОДЕЛІ СИСТЕМИ

5.1 Загальні відомості

У 1990 році Джон Ромки, один з творців протоколу TCP/IP, підключив свій тостер до Інтернету і змусив його включатися і вимикатися дистанційно. Цей пристрій і став першим в світі «інтернет-річчю». У період з 2008 по 2009 рік, за оцінкою аналітиків корпорації Cisco, кількість пристроїв, підключених до Всесвітньої павутини, перевищила чисельність населення Землі [13].

З того часу як термін «Інтернет речей» (IoT) був вперше згаданий, основним питанням є те, що розглядається як «речі». Дотепер групи науковців та організацій намагаються чітко дати визначення IoT.

Галлера запропонував таке визначення IoT:

"Світ, де фізичні об'єкти безперешкодно інтегруються в інформаційну мережу, і де фізичні об'єкти можуть стати активними учасниками бізнес-процесів".

Інтернет речей (IoT) в даний час – це технологія для автоматизації зв'язку, яка з'єднує різні об'єкти, які існують в світі. Інтегровані IoT об'єкти з мережевою технологією для управління мають віддалену та локальну точки доступу.

Хмарні обчислення – це модель, яка дозволяє ширококомовно, зручно, а саме за запитом мережевого доступу до спільного пулу, налаштовувати обчислювальні ресурси (наприклад, мережі, сервера, сховища, додатки та служби), які можна швидко передбачити та випустити з мінімальними зусиллями управління або взаємодії з постачальником послуг [14].

Ця хмарна модель складається з п'яти основних характеристик, деревообробної моделі обслуговування та чотирьох моделей розгортання.

Іншими словами, це визначає, що доступ та забезпечення обчислювальних ресурсів повинен бути легким та можливим звідусіль. Ресурси повинні бути масштабованими, організованими в пули, і виходячи з вимог, вони можуть бути розподілені мінімальним управлінням.

Основними характеристиками IoT за визначеннями є:

- самообслуговування на вимогу;
- широкий доступ до мережі;
- об'єднання ресурсів;
- швидка еластичність;
- вимірювані послуги.

Існує три сервісні моделі: IaaS (Інфраструктура як послуга), PaaS (Платформа як послуга) та SaaS (Програмне забезпечення як послуга).

Інструмент, обраний для моделювання, - це Cisco Packet Tracer, цей інструмент застосовується протягом багатьох років у мережі Cisco. Головною перевагою цього інструменту є пропонування різноманітних мережевих компонентів, що імітують реальну мережу, а потім між пристроями потрібно створити взаємозв'язок і налаштувати для створення мережі.

В останній версії цього інструменту Cisco представив функціонал IoT, і тепер в мережу можна додати розумні пристрої, компоненти, датчики, пускачі, а також пристрої, що імітують мікроконтролери, такі як Arduino або Raspberry Pi. Усі пристрої IoT можна запускати на стандартних програмах або їх налаштовувати, програмуючи їх на Java, Python або Blockly [15].

Це робить Cisco Packet Tracer ідеальним інструментом для побудови практичних симуляцій IoT.

Cisco Packet Tracer — це фірмовий багатоплатформенний інструмент Cisco, який дає можливість користувачам створювати мережеві та IoT-симуляції без необхідності апаратного забезпечення або попередньої мережі.

Інструмент є безкоштовним, працює на основних операційних системах і завантажується на сторінці Cisco NetAcad для всіх студентів та викладачів, які мають дійсний обліковий запис NetAcad.

Інструмент був доступний протягом багатьох років для всіх бажаючих користувачів, які беруть участь у курсах Cisco, і спочатку був розроблений для підтримки практичних вправ для студентів, які відвідують сертифіковані курси академії Cisco Network Associated (CCNA) [15].

На момент написання цієї дипломної роботи останній доступний реліз був 7.2.1.

Інструмент був побудований для того, щоб дозволити користувачам експериментувати в мережі, не потребуючи дорогої мережевої інфраструктури та тривалих процедур налаштування обладнання. Насправді цей інструмент пропонує широкий набір апаратного та кабельного зв'язку, що дозволяє користувачам переходити від базової до дуже складної мережі, що дозволяє навчитися програмувати прилади Cisco через інтерфейс Command Line (CLI). Він також показує, як вирішити проблеми, пов'язані з мережею, оскільки інструмент також включає реалістичні функції для налагодження.

З версії 7.0 Cisco також ввів в інструмент функціонали IoT, дозволяючи користувачам практикувати, встановлювати пристрої IoT та автоматизувати IoT. Також у програмі була запропонована можливість моделювання IoT нижчого рівня за допомогою одноплатного комп'ютера (SBC) та датчика того самого релізу. Приклад системи в Cisco Packet Tracer представлений на рисунку 5.1 [15].

Ця дипломна робота була зосереджена лише на створенні моделей IoT, використовуючи Cisco Packet Tracer.

Очікується також, що Cisco в майбутньому випустить більше функцій IoT завдяки зростаючій кількості курсів IoT, що пропонуються в NetAcad.

Переваги Packet Tracer:

- реалістичне моделювання та візуалізацію IoT пристроїв;
- дозволяє користувачам проектувати, створювати, конфігурувати смарт дім, розумне місто, надаючи різні розумні об'єкти, що використовуються для них;
- забезпечує дошку для управління розумним об'єктом;
- дозволяє досліджувати поняття IoT;
- забезпечує детектори для датчиків.

Робота фактично розділяється на чотири основні категорії: збір вимог, аналіз інструменту, розробка імітаційного середовища, розгортання моделювання та остання збірка зворотного зв'язку. Дану послідовність представлено на рисунку 5.2.

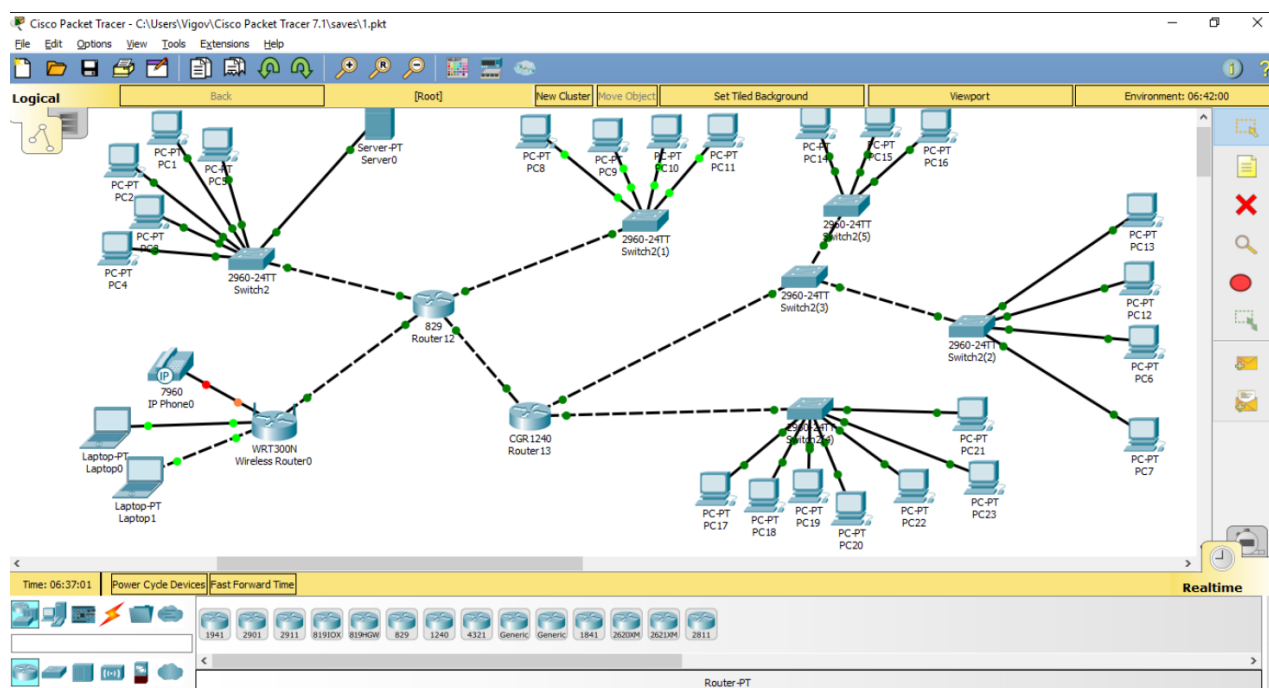


Рисунок 5.1 – Приклад системи в Cisco Packet Tracer [15]

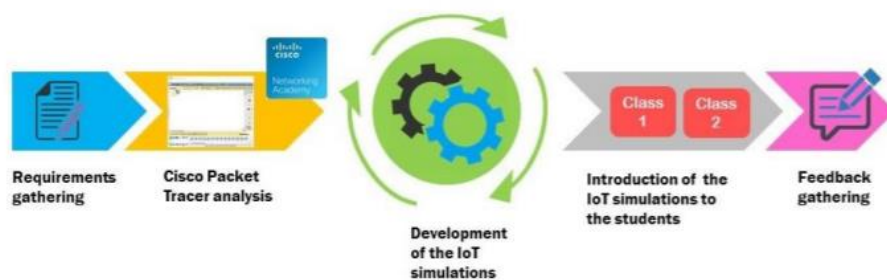


Рисунок 5.2 – Процес роботи [15]

Основні характеристики хмари. Згідно з визначенням характеристика дає користувачеві хмари свободу до самостійного забезпечення хмарних ресурсів ІТ без втручання людини. Надання в основному здійснюється порталами самообслуговування, де користувач може обрати обчислювальну потужність, ємність сховища, підключення до мережі, можливе програмне забезпечення тощо.

Ця характеристика дає основну концепцію «заснованого на сервісі» та «керованого на використання вмісту» хмарного середовища. Широкий доступ визначає, що хмарні сервіси повинні бути значно доступними користувачам за допомогою різних пристроїв доступу. Фактично користувачі повинні мати

можливість підключитися до послуги за допомогою різних типів терміналів (ПК, планшетів, мобільних телефонів), транспортних протоколів та технологій безпеки. Завдяки широкому доступу, сервіс може бути адаптований відповідно до вимог, адже потрібен додатковий інтерфейс програмування програми (API). Об'єднання ресурсів та багатонаціональність стосується динамічного розподілу ІТ-ресурсів для задоволення попиту клієнтів. Розподіл ресурсів повинен бути повністю прозорим для кінцевого користувача та не повинен стосуватися місця, де розміщена хмарна служба. Об'єднання ресурсів здебільшого використовує технології віртуалізації та дозволяє постачальнику послуг хмари обслуговувати декількох клієнтів, які можуть використовувати ту саму інфраструктуру, що називається багатосторонністю. Різні користувачі не знають про свою присутність через ізоляцію ресурсів і можуть динамічно резервувати та звільняти ІТ-ресурси [16].

Швидка еластичність – це здатність хмарного сервісу автоматично та прозоро розподіляти ІТ-ресурси для задоволення потреб користувачів хмари. Користувачі відчують ілюзію нескінченних ресурсів. Масштабування зазвичай виконується за допомогою зондів та масштабуючих агентів, які можуть виявити потреби та негайно виділити більше ІТ-ресурсів, таких як мережа, пам'ять, сховище, потужність обробки, VM. Ця характеристика є основною причиною існування самої хмарної служби.

Згідно з визначенням NIST, вимірюваність є ключовим хмарним елементом, що визначає характеристики, необхідні всім хмарним службам для вимірювання функцій для цілей виставлення рахунків, моніторингу та звітності. Це є основною вимогою як для безкоштовного використання, так і для більш поширених хмарних сервісів з оплатою за використання.

Стійкість – це характеристика, яка спочатку не була включена до визначення хмари NIST, однак з роками цей аспект набув значного значення у хмарних рішеннях, що виправдовують використання самої хмари проти локальних систем [17].

У хмарних обчисленнях стійкість посиляється на здатність хмарного сервісу відмовлятися та розподіляти послугу через надмірний пул ІТ-ресурсів у фізичних місцях або в межах однієї хмари. Зазвичай механізм відмови є повністю

автоматичним і покладається на зонди, які виявляють несправності та реагують відповідно до заздалегідь визначеного набору інструкцій.

Моделі хмарних послуг. Моделі хмарних служб, які також називаються хмарними моделями доставки, це набір попередньо упакованих комбінацій ІТ-ресурсів, запропонованих хмарними постачальниками. Ці моделі спеціалізуються відповідно до потреб користувачів і надають певний ступінь свободи конфігурації.

Три моделі, що входять до визначення хмарних областей NIST: IaaS, PaaS і SaaS.

Інфраструктура як послуга або IaaS — це хмарна модель, де постачальник пропонує користувачам автономне ІТ-середовище, яке користувач може підтримувати та адмініструвати за допомогою інструментів адміністрування, доступ до яких використовується порталом хмарних служб.

Це ІТ-середовище зазвичай відноситься до обладнання, ємності обробки, зберігання, мережі, віртуалізованих серверів, операційних систем тощо. На відміну від інших моделей послуг, відповідальність за адміністрування хмарної послуги покладається на хмарних споживачів. Постачальник може запропонувати пакет заздалегідь встановленого віртуального сервера, щоб полегшити хмарну діяльність адміністратора споживачів. Хмарні постачальники можуть також пропонувати IaaS іншим хмарним постачальникам, які потім створюватимуть власні сервіси на цій хмарній інфраструктурі.

Переваги цієї моделі доставки полягають у тому, що замовник має повний контроль над самою інфраструктурою.

Недолік полягає в тому, що для адміністрування хмарної інфраструктури замовник повинен мати внутрішні ІТ-ресурси.

Прикладами IaaS є: Amazon EC2, Windows Azure, Rackspace та Google Compute Engine.

Платформа як послуга, або PaaS, зазвичай посилається на платформу "готову до використання", де клієнти з хмари можуть почати розробку власних додатків. У цій моделі доставки всі ресурси ІТ повинні бути повністю розгорнутими, налаштованими та «готовими до використання». Платформа також поставляється із

всеосяжним набором інструментарію розробки додатків (тобто Google App Engine пропонує деякі середовища на базі Java та Python), щоб відстежувати весь життєвий цикл розробки додатків [18].

Ця модель зазвичай полегшує клієнта хмари від завдань ІТ-адміністрування, оскільки базова інфраструктура не управляється, проте споживач хмари має контроль над розгортанням програми та налаштуваннями ІТ-ресурсів для розміщення додатків.

Прикладами PaaS є: AWS Elastic Beanstalk, IBM Watson IoT, Windows Azure, Heroku, Force.com, Google App Engine і Apache Stratos [19].

SaaS або Програмне забезпечення як модель обслуговування зазвичай стосується повністю доступного та попередньо упакованого середовища, яке можуть використовувати клієнти хмари над хмарними послугами. Це рішення дозволяє клієнтам отримати доступ до послуги, яку дуже легко та швидко налаштувати, дозволяючи також постачальнику послуг хмари повторно використовувати той же хмарний продукт для кількох клієнтів. Користувачі хмари в цій моделі не мають адміністративного доступу та контролю над ІТ-ресурсами, лише мінімальні зміни налаштувань самого програмного забезпечення можуть бути здійснені.

Технології багатостороннього використання використовуються для розподілу навантаження на декілька ресурсів, що робить SaaS надійною та розподіленою послугою. Для користувачів SaaS може бути як послугою "оплата за використання", так і послугою "безкоштовна плата за використання". У другій моделі постачальник отримує дохід від комерційної реклами або перепродажу статистичної інформації користувачів послуг [20].

Прикладами PaaS є Google Apps, Microsoft Office 365 та багато інших комерційних платформ веб-пошти.

Протягом останнього року було випущено безліч більш спеціалізованих моделей сервісів, присвячених переважно конкретним послугам. Прикладами є: Зберігання як послуга, База даних як послуга, Безпека як послуга, Процес як послуга, Тестування як послуга, Інтеграція як послуга тощо. Крім того, клієнтам можуть пропонуватись також комбінації хмарних моделей доставки, наприклад, IaaS плюс PaaS може надати користувачеві хмари набір для розробки програмного

забезпечення, також надаючи значну ступінь адміністрування ресурсів порівняно з лише сценарієм PaaS.

Хмарні моделі розгортання. Моделі розгортання є основою визначення NIST та описують право власності, розміри та доступ до хмарної інфраструктури [21]. Чотири моделі включені у визначення:

- приватна хмара;
- публічна хмара;
- громадська хмара;
- гібридна хмара.

Приватна хмара – це інфраструктура, що належить одній організації. Сама хмара може розміщуватись як на локальних, так і на сторонніх об'єктах. Приватні компанії можуть використовувати приватні хмари для централізації ІТ-середовища або для розширення локальних можливостей послуг хмарних рішень, що працюють на сторонні компанії. У цьому сценарії споживач хмарних технологій також є постачальником хмарних технологій, а власний ІТ-відділ може взяти на себе конкретну роль провайдерів. До того ж, якщо ІТ-ресурси доступні віддалено, вони можуть бути розглянуті як хмарні ресурси.

Приватні хмари мають значний фізичний слід і зазвичай потребують капітальних вкладень.

Публічна хмара. Публічна хмара – це хмарна інфраструктура, яка призначена для вільного використання широким загалом. Публічна хмара може перебувати у власності, керуванні та експлуатації комерційних, академічних (освітніх та наукових) або державних організацій (чи будь-якої їх комбінації). Публічна хмара перебуває в юрисдикції постачальника хмарних послуг [22].

Модель розгортання публічної хмари схожа на концепцію загальнодоступних хмар, однак доступ обмежений певним набором організацій, які мають загальні потреби. Під інфраструктурою може бути власник третьої компанії або співвласник члена громади. Зазвичай доступ стороннім сторонам громади заборонено.

Громадська хмара — це широкодоступне хмарне середовище, яке належить і розміщене третьою компанією, яка бере на себе роль хмарного постачальника. Зазвичай це в розпорядженні широкої громадськості і, швидше за все, безкоштовне.

Побоювання щодо безпеки виникають під час використання публічних хмар, оскільки дані розміщуються "поза приміщеннями", і, оскільки послуга надається широкій аудиторії, найбільше доступ до них надається через невідомі мережі.

Гібридна хмара є останньою моделлю розгортання за визначенням NIST і зазвичай відноситься до комбінації інших моделей розгортання. Зважаючи на критичність даних, деякі організації, наприклад, можуть передавати деякі сервіси через публічну хмару та підтримувати інші у власній приватній хмарі. Гібридні хмари представляють унікальну проблему, щоб уникнути розбіжностей у хмарних середовищах, якщо ними керують різні постачальники.

Огляд мереж IoT. Як було описано в попередніх абзацах, визначення хмари NIST досить точно перераховує характеристики, моделі обслуговування та моделі розгортання, однак це не стосується мереж. Мережі в IoT насправді не є характеристикою, але вони є стимулом.

Одним із ключових факторів успіху, поширеного в Інтернеті, є наслідок підвищення сучасних, швидких, надійних мереж із низьким рівнем затримки та низької вартості.

Спеціально для IoT найпоширеніші типи мереж мають діапазон між Bluetooth, традиційною бездротовою локальною мережею (WAN), стільниковою мережею та новим поколінням широкополосної мережі низької потужності (LPWAN) [23].

На даний момент в індустрії IoT немає стандартів для мереж, проте мало технологій мають явну перевагу порівняно з іншими.

Технологія WLAN та Bluetooth, без сумніву, є найпоширенішим типом споживчої мережі на даний момент. Вони обидва працюють в безліцензійному радіочастотному діапазоні, вони обидва забезпечують хорошу швидкість передачі смуги пропускання, і їм обом потрібні досить недорогі приймачі. Однак обмеження випливає з того, що вони мають очевидне обмеження діапазону, що виключає їх головний вибір для використання у широких IoT-програмах. Діапазон фактично

обмежений кількома десятками метрів у бездротовій локальній мережі та декількома метрами для з'єднання Bluetooth.

Оскільки промислові додатки IoT призначені для роботи в основному з пристроями, що розповсюджуються в широкій області, часто з поганим стільниковим покриттям, і що вимагатиме суворого керування живленням, щоб продовжити термін експлуатації акумулятора, застосовується нова технологія широкої площі нижчих потужностей.

В IoT зростає мережа (LPWAN). LPWAN – це мережі, що поєднують технології з метою досягнення міжміських, надійних та низько бітрейтних комунікацій із датчиками, що працюють на батареях, географічно розташованих у широкому районі [24].

Три найважливіші технології LPWAN - LoRaWAN, SigFox та Narrowband IoT. Ці три технології описані в наступних абзацах.

Огляд LoRaWAN. LoRaWAN – це технологія, створена неприбутковою, багатопровідною компанією LoRa Alliance™, і спирається на інфраструктуру зірки, де багато пристроїв підключені до шлюзу приймача, який потім ретранслює повідомлення через традиційні мережі IP на центральні сервери бекенда (рисунок 5.3) [25].

LoRaWAN пропонує двонаправлене підключення у багатокілометровому діапазоні та з бітрейтом від 0,3 кбіт до 50 кбіт/с. Навіть якщо зв'язок є двонаправленим, переважним є трафік висхідної лінії зв'язку від пристрою до мережі [26].

LoRaWAN дозволяє проводити три класи (A, B і C) передавальних пристроїв на основі потреби в пропускній здатності та потужності пристроїв IoT.

Пристрої класу – це пристрої малої потужності, які потребують двонаправленого зв'язку та покладаються на протокол типу ALOHA (Additive Links on-line Hawaii Area). Комунікації вихідної та вхідної ліній зв'язку насправді є асинхронними, і зв'язок здійснюється за допомогою пристрою IoT, який надсилає кадр на канал вихідної лінії зв'язку, а потім прослуховує відповідь протягом декількох секунд у наступних двох вікнах вихідної лінії зв'язку. Після того, як шлюз визнає

зв'язок вихідної лінії зв'язку, трафік лінії зв'язку може починатися. Оскільки спрацьовує зв'язок пристроєм і не потребується будь-якої іншої періодичної передачі, це дозволяє пристрою перебувати в режимі постійного сну, економлячи акумулятори та спілкуючись лише при необхідності.

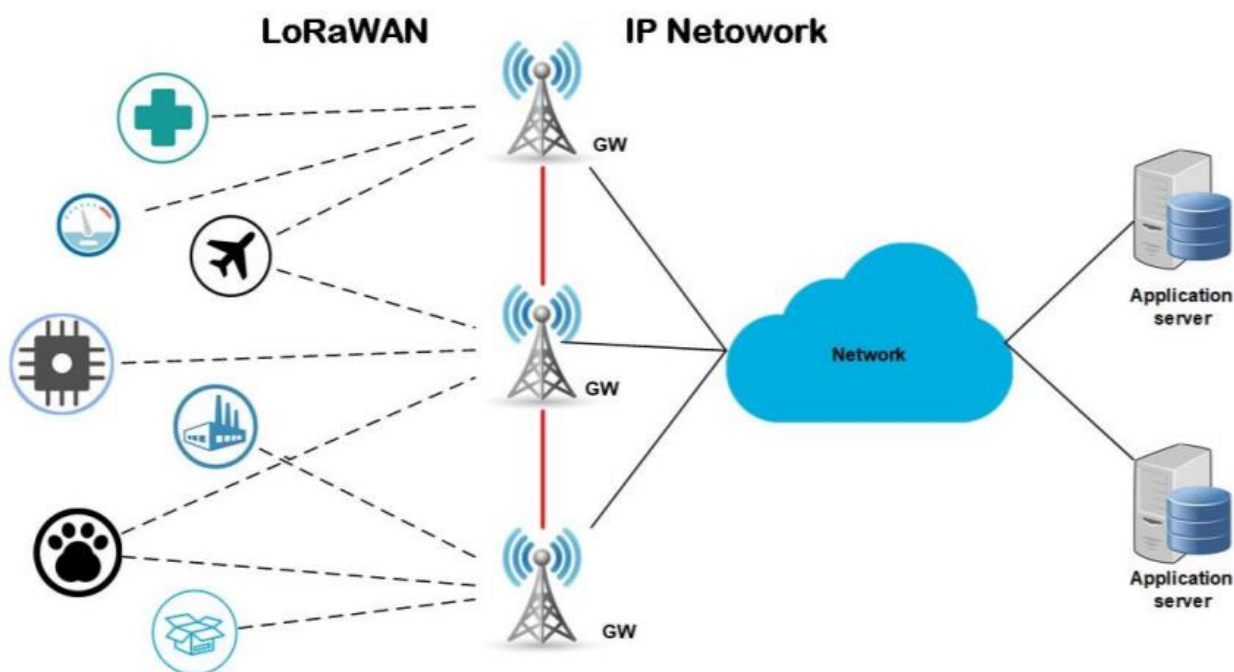


Рисунок 5.3 – Інфраструктура LoRaWAN [26]

Пристрої класу В розроблені для програм, де потрібна додаткова вихідна лінія. Насправді періодичне повідомлення маяка, яке надсилається шлюзом на пристрій IoT, використовується для планування додаткових вікон вихідної лінії зв'язку без необхідності попередніх успішних комунікацій вихідної лінії зв'язку. Час роботи батареї пристрою впливає через отримання додаткових повідомлень про синхронізацію.

Комунікації класу С забезпечують низьку затримку зв'язку, оскільки, на відміну від пристроїв класу А, пристрої класу С завжди слухають трафік вихідної лінії зв'язку. Шлюз може знати стан пристрою і в будь-який час розпочати надсилання даних на пристрій [27].

Оптимізація батареї в таких випадках досягається перемиканням пристрою з класу А на клас С, коли це необхідно.

Крім обмеження вихідної лінії зв'язку для пристроїв нижчого класу, найбільша проблема продуктивності LoRaWAN пов'язана з обмеженням робочого циклу, встановленим в регламенті про смуги ISM.

Зазвичай положення, наприклад, у Європі, передбачають, що лише 1% часу пристрою дозволяється передавати в кожному піддіпазоні. Це обмежує трафік для кожного пристрою, але також додає додаткову складність мережі, коли велика кількість пристроїв підключена до однієї мережі.

Огляд SigFox. SigFox створена у французькій компанії, заснованій у Тулузі в 2009 році, яка створила власне рішення IoT LPWAN в мережах стільникового зв'язку (рисунок 5.4) [28].

Архітектура SigFox заснована на одноразовому з'єднанні між пристроєм і шлюзом, де охоплення мережею досягається за рахунок використання телекомунікаційної інфраструктури SigFox Network Operator (SNO). Шлюзи прийому часто розміщуються в стільникових вежах СНО.

SigFox працює на 869 МГц (Європа) та 915 МГц (Північна Америка) промислових, наукових та медичних (ISM) радіочастот, і він використовує ультра вузький діапазон (UNB) приблизно 100 Гц пропускну здатність для передачі сигналу через об'єкт. Це дозволяє поширювати сигнал на багато кілометрів, також під землею, що дозволяє також економити енергію для передавальних пристроїв [29].

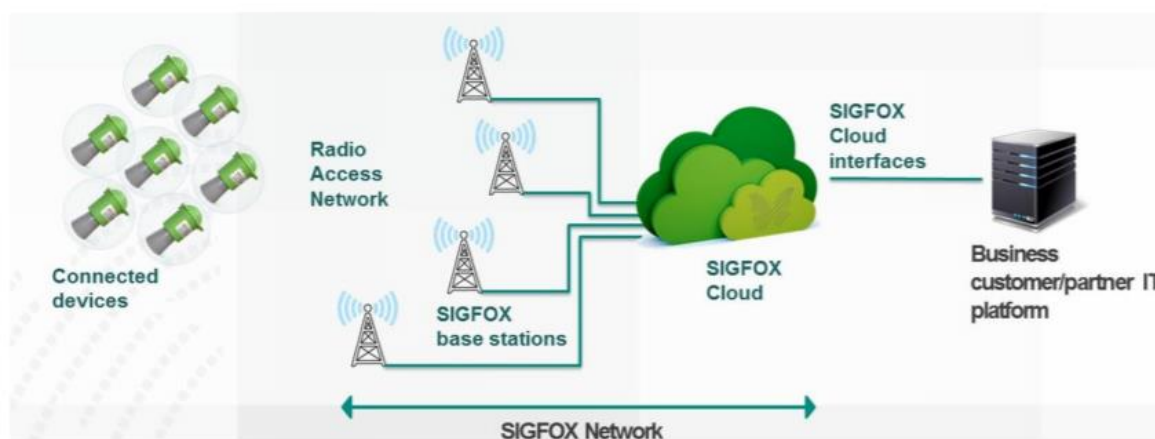


Рисунок 5.4 – Інфраструктура SigFox [28]

Пристрої, підключені до SigFox, здатні домогтися максимальної відправки 140 пакетів на день з корисним навантаженням 12 байт на пакет із максимальною пропускною здатністю 100 bps в каналі лінії зв'язку. Охоплення мережі безпосередньо ґрунтується на навколишньому середовищі і може пройти від 1 км до кількох десятків км у сільській місцевості або на відкритих просторах [30].

Обмеження SigFox виникає через обмеження пропускної здатності та те, що рішення є власником продукту SigFox, а не відкритим продуктом, як LoRaWAN [31].

Огляд вузької смуги-IoT. Вузькосмуговий IoT (NB-IoT) – це рішення LPWAN, розроблене Проектом партнерства третього покоління (3GPP), який має на меті забезпечити двонаправлену, економічно вигідну, просту у використанні мережу IoT для підключення великої кількості пристроїв при оптимізації їх споживання енергії.

NB-IoT використовує частоти стільникових мереж, а також спрямований на повторне використання будівельних блоків рівня зв'язку LTE, одночасно спрощуючи вимоги до складності апаратних пристроїв [32].

Специфікації NB-IoT наразі заморожені до наступного випуску.

Досягнуто 13 специфікацій випуску, щоб забезпечити пропускну здатність лінії зв'язку 250 кбіт/с, використовуючи сигнал ультразвукового діапазону 180 КГц. З прийнятною затримкою між 1,6 та 10 секундами.

Перевагами випуску 13 є зниження потужності передачі пристрою до 20 дБм, що дозволяє тривалість роботи батареї понад 10 років з двома стандартними батареями AA.

Оскільки рішення виходить від широкого партнерства великих провайдерів телекомунікацій, одна перевага цієї технології будується завдяки тому, що NB-IoT може співіснувати з існуючими мережами GSM, UMTS та LTE [33].

5.2 Побудова моделі системи в Cisco Packet Tracer

На рисунку 5.5 можна побачити, як приклад, кінцеві пристрої, які запропоновані Cisco Packet Tracer. Основна відмінність, яку слід враховувати при

розміщенні пристрою в моделювання – це обмеження обладнання, які надаються пристроями, такі як кількість доступних портів, варіанти зміни мережевих інтерфейсів, кількість слотів для розширення і т.д. У цьому інструменті також є великий список комутаторів, серверів, ПК та ноутбуків.



Рисунок 5.5 – Кінцеві пристрої в Cisco Packet Tracer [15]

Для проектування системи в Cisco Packet Tracer потрібно використати такі кінцеві пристрої як:

- сервер (рисунок 5.6);
- мобільний телефон (рисунок 5.7);
- персональний комп'ютер (рисунок 5.8).

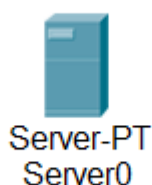


Рисунок 5.6 – Позначення вибраного серверу [15]



Рисунок 5.7 – Позначення вибраного мобільного телефону [15]



Рисунок 5.8 – Позначення вибраного персонального комп'ютеру [15]

Для підключення пристроїв в моделі один до одного було вибрано мережевий комутатор. Вибір комутаторів в Cisco Packet Tracer представлений на рисунку 5.9, а на рисунку 5.10 показана модель, яка застосовується в проектуванні даної системи. Мережевий комутатор (також званий хаб комутації, мостовий концентратор, офіційно MAC-міст) – це мережеве обладнання, яке з'єднує пристрої в комп'ютерній мережі за допомогою комутації пакетів для прийому та пересилання даних до пристрою призначення.

Мережевий комутатор – це багатопортовий мережевий міст, який використовує адреси управління доступом до засобів масової інформації для пересилання даних на рівень зв'язку даних (рівень 2) моделі OSI. Деякі комутатори також можуть пересилати дані на мережевому рівні (рівень 3), додатково включаючи функціональність маршрутизації. Такі вимикачі зазвичай відомі як перемикачі рівня 3 або багатошарові вимикачі [34].

Комутатори Cisco Catalyst серії 2950 (Cisco Catalyst 2950 Series Switch) – це стекові автономні комутатори з фіксованою конфігурацією, які призначені для інфраструктури мереж Fast Ethernet і Gigabit Ethernet, і забезпечують продуктивність на швидкості середовища передачі. Комутатори поставляються з двома типами програмного забезпечення і в різних конфігураціях, завдяки чому можна підібрати потрібний варіант для будь-якого підприємства, малого і середнього бізнесу, а також віддалених філій і виробничих середовищ. Програмне забезпечення Standard Image пропонує базові функції програмного забезпечення Cisco IOS для передачі даних, голосу і відео. Для інтелектуальних мереж, яким потрібні додаткові функції безпеки,

розширені можливості управління якістю обслуговування і високий рівень доступності в мережі, призначене програмне забезпечення Enhanced Image (EI), що включає підтримку таких функцій, як обмеження швидкості і фільтрація трафіку [35].

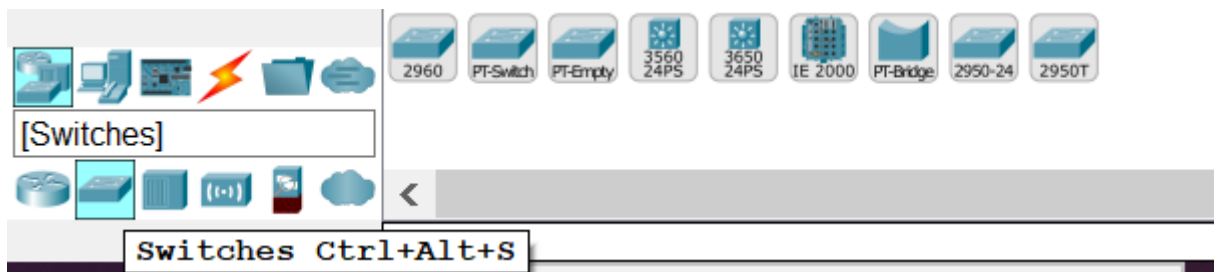


Рисунок 5.9 – Мережеві комутатори в Cisco Packet Tracer [15]



Рисунок 5.10 – Позначення вибраного мережевого комутатору [15]

Залежно від різних налаштувань, для з'єднання мережевих пристроїв, таких як мідні прямі кабелі, мідні перехресні кабелі та оптичні кабелі FastEthernet, було використано різні типи кабелів. Також на прикладі мікроконтролерів були використані спеціальні кабелі IoT.

Як видно на малюнку нижче, Cisco Packet Tracer запропонував кілька варіантів кабельних підключень, проте важливою особливістю був варіант автоматичного кабелювання (значок блискавки на рисунку 5.11). Вибираючи його, інструмент автоматично вибирає правильний кабель для з'єднання двох мережевих інтерфейсів. Також цю опцію також можна відключити.

За допомогою автоматичного з'єднання було з'єднано такі типи пристроїв, як мережевий комутатор і персональні комп'ютери (рисунок 5.12).

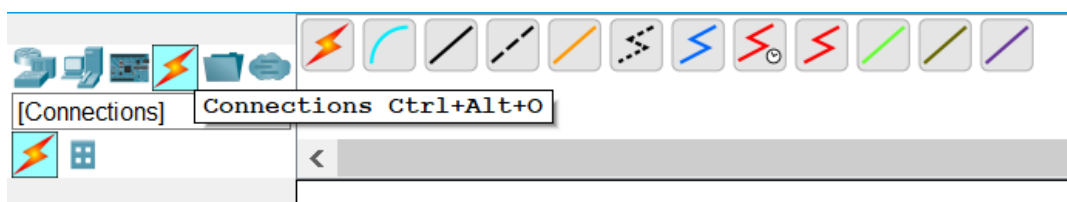


Рисунок 5.11 – Типи з'єднань [15]

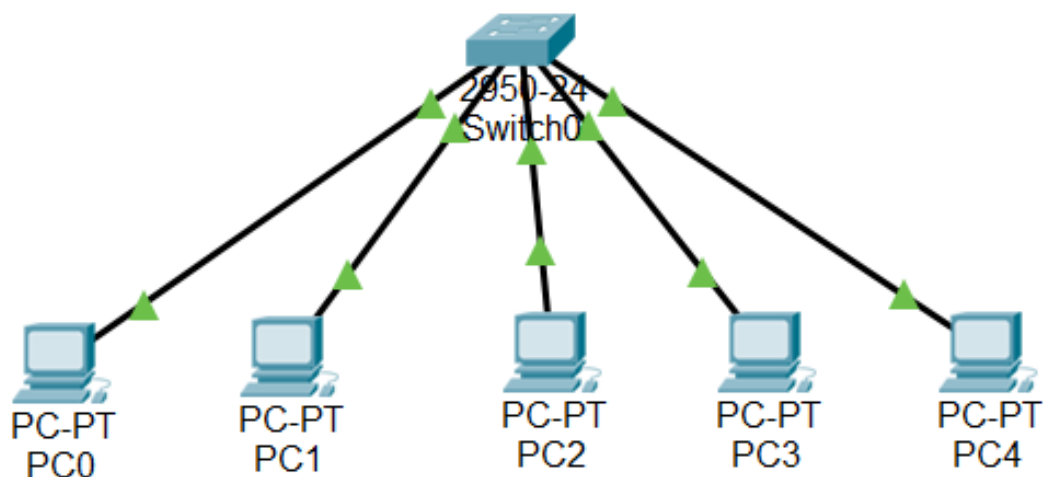


Рисунок 5.12 – З'єднання персональних комп'ютерів

Мікроконтролерний блок (MCU) – це невеликий комп'ютер, побудований в системі на мікросхемі (SoC). Він містить ядро процесора, пам'ять та програмовану периферію введення/виводу. Мікроконтролери призначені для вбудованих додатків або додатків, які потребують невеликих комп'ютерних ресурсів. І навпаки, мікропроцесори, що використовуються в персональних комп'ютерах, зазвичай використовуються для підтримки інших додатків загального призначення, які потребують більше комп'ютерних ресурсів. Прикладами програм, які покладаються на мікроконтролери, є системи управління автомобільними двигунами, імплантаційні медичні пристрої, дистанційне управління, офісні машини, прилади, електроінструменти, іграшки та інші вбудовані системи. Мікроконтролери змішаного сигналу також поширені, які інтегрують аналогові компоненти, необхідні для управління нецифровими електронними системами [36].

Packet Tracer 7.2 пропонує підтримку емулятора MCU. Можна запрограмувати PT MCU для виконання завдань, подібних до MCU у реальному часі. Для спрощення процесу PT MCU можна запрограмувати за допомогою Java Script та Python. На рисунку 5.13 представлені типи мікроконтролерних блоків в пакеті Cisco Packet Tracer, на рисунку 3.14 – позначення вибраного мікроконтролерного блоку.

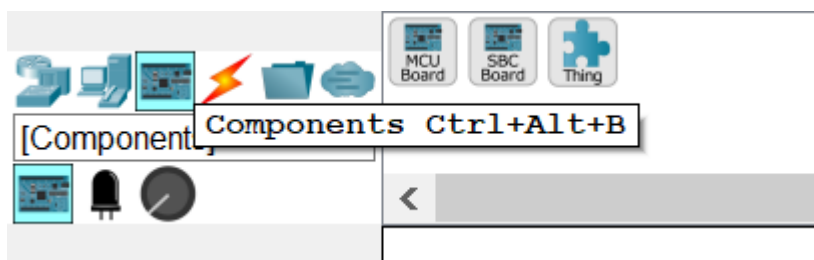


Рисунок 5.13 – Типи мікроконтролерних блоків [15]

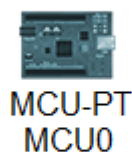


Рисунок 5.14 – Позначення вибраного мікроконтролерного блоку [15]

На рисунку 5.15 показано вибір бездротових пристроїв. На рисунку 5.16 показано вибраний тридіапазонний маршрутизатор.

Тридіапазонний маршрутизатор буквально розміщує дві окремі мережі 5 ГГц, і він автоматично сортує пристрої в різних мережах. Це пропонує більшу швидкість для обміну між пристроями. Він фактично не пришвидшує один пристрій, адже пристрій підключений лише до однієї з цих мереж, але надасть більше швидкості додатковим пристроям, які додаються в систему.

Тридіапазонні маршрутизатори пропонують сигнал в 600 Мбіт/с 2,4 ГГц, а також два сигнали 1300 Мбіт/с 5 ГГц - це $600 + 1300 + 1300$ для маршрутизатора AC320-класу. Максимальна швидкість для окремого пристрою все ще становить 1300

Мбіт/с. Коли підключається все більше та більше пристроїв одразу, тоді їх можна автоматично розділити між окремими сигналами 5 ГГц, і кожен пристрій отримає більше швидкості Wi-Fi [37].

Чи це має значення в реальному світі, дійсно залежить від того, як відбувається користування Wi-Fi. Якщо є багато пристроїв, які активно використовують Wi-Fi, тридіапазонний маршрутизатор може прискорити роботу, запобігаючи втручанню процесів один у одного цих пристроїв.

Якщо інтернет-з'єднання є вузьким місцем, додавання більшої швидкості Wi-Fi насправді нічого не прискорить. Це допоможе, якщо здійснюється локальна передача файлів та інші інші речі, для яких потрібне лише з'єднання з локальною мережею.

Тому це ідеальний варіант для проектування даної системи. Підключення пристроїв показано на рисунку 5.17.

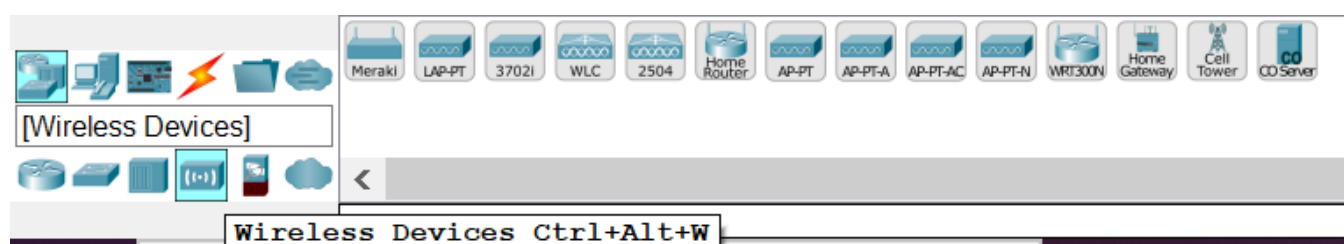


Рисунок 5.15 – Бездротові пристрої [15]



Рисунок 5.16 – Позначення вибраного тридіапазонного маршрутизатору [15]

Змінні – це налаштовані параметри для відображення реальних життєвих середовищ, такі як: кількість сонячного світла, концентрація вуглекислого газу в повітрі, сила тяжіння, швидкість вітру та багато іншого. У Cisco Packet Tracer є понад

п'ятдесят різних змінних, які можна відповідно налаштувати на основі часового діапазону 24 години.

Змінні фактично управляють датчиком, і, як наслідок, потім виконують запрограмовані функції.

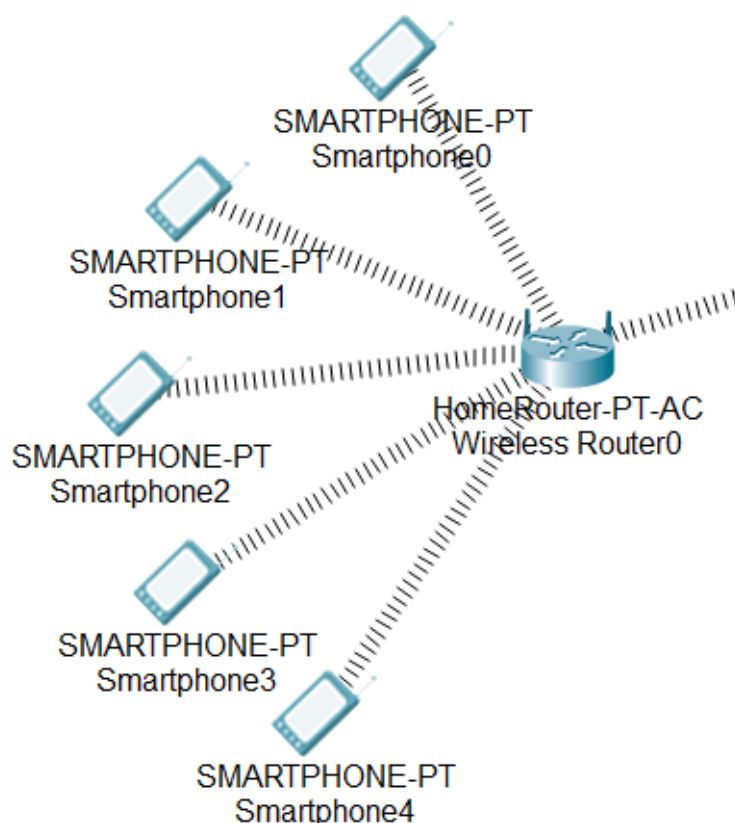


Рисунок 5.17 – З'єднання мобільних телефонів

Фізичні рівні та мережеві компоненти присутні в Cisco Packet Tracer вже багато років, але важливим доповненням, що робить інструмент здатним імітувати IoT-середовища, було впровадження пристроїв IoT.

Основні категорії: смарт-пристрої, датчики, пускачі та мікроконтролери. На рисунку 5.18 наведено приклад переліку домашніх розумних пристроїв, які можна додати в симуляції IoT.

Смарт-пристрої – це пристрої, які повністю здатні підключитися до дротової або бездротової мережі, і їх поведінкою та логікою взаємодії можна керувати за допомогою програмування на мові Python чи JS. Запрограмовані сенсори включають

розумні світильники, блоки змінного струму, кавоварку, сирени сигналізації, зчитувачі RFID та інші датчики, такі як датчик вуглекислого газу, вологість, температура, рівень води тощо [15].

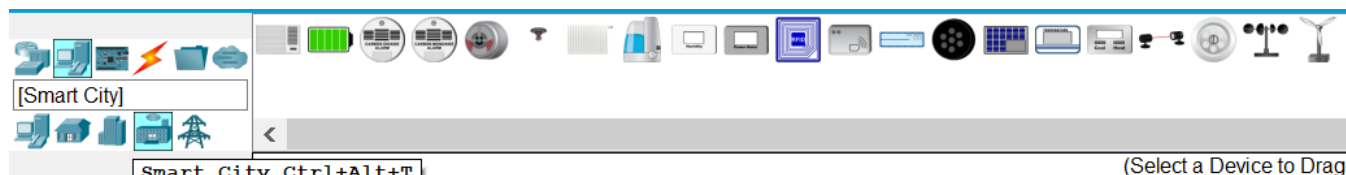


Рисунок 5.18 – Розумні пристрої [15]

Зазвичай ці елементи типу "підключення та відтворення", і їх просто потрібно підключити до локальної мережі. У деяких випадках, якщо потрібна бездротова локальна мережа, необхідна фізична конфігурація мережі, попередньо замінивши мережевий інтерфейс LAN на WLAN.

Після підключення до мережі пристрої, які потрібно було підключено, можна віддалено підключити до сервера IoT. Створення підключення IoT дало можливість користувачам перевіряти стан пристроїв IoT з домашньої сторінки браузера IoT. Як показано на рисунках нижче через браузер можна підключитись до спеціальної домашньої сторінки IoT для контролю всіх підключених пристроїв IoT.

Під час доступу до списку пристроїв можна також візуалізувати їх стан, також віддалено взаємодіяти з пристроєм. Як приклад можна включити світло в саду або перевірити залишок живлення батареї IoT.

Вибрані IoT пристрої представлені на рисунках 5.19-5.28:

- 1) Альтиметр. Фіксує підняття та спуски тварини.



Flex Sensor
IoT32 altimetr

Рисунок 5.19 – Позначення альтиметра [15]

2) GPS – трекер дозволяє визначати координати об'єкта з високою точністю, використовуючи сигнал, що посиляється супутниками. Відповідно, GPS модуль дозволяє визначати швидкість пересування і висоту над рівнем моря.



Generic Sensor
IoT37 gps

Рисунок 5.20 – Позначення GPS [15]

3) Датчик серцевого ритму. Сучасні оптичні датчики можуть досить точно визначити показники. Світлодіоди такого датчика випромінюють світло, яке поглинається тканинами організму, включаючи кров. При цьому кров поглинає більше світла, ніж, наприклад, шкіра. Зміни кількості крові в судинах призводить до зміни рівня поглинання світла, що і фіксує датчик. Спеціальний алгоритм на основі цих даних визначає частоту серцевого ритму. Найбільш просунуті датчики наближаються по точності до ЕКГ.



Photo Sensor
IoT30 sedechniy ritm

Рисунок 5.21 – Позначення датчику серцевого ритму [15]

4) Датчик електропровідності шкіри. Модулі такого типу призначені для вимірювання провідності шкіри. Чим більше вологи на шкірі, тим краще її провідність. А за рівнем зволоження шкіри можна визначити і рівень активності рухів тварини.



Humiture Sensor
IoT38

Рисунок 5.22 – Позначення датчику електропровідності шкіри [15]

5) Термометр. Вимірює температуру тіла тварини.



Temperature Sensor
IoT29 termometr

Рисунок 5.23 – Позначення термометру [15]

6) Акселерометр. Основна функція акселерометра — це підрахунок кількості зроблених кроків. Акселерометр також дає серверу інформацію про становище в просторі і швидкості пересування. Таким чином, сервер «розуміє», в якому становищі зараз знаходиться тварина, «знаючи» про те, рухається вона чи ні.



Рисунок 5.24 – Позначення акселерометру [15]

7) Пульсометр. Вимірює пульс тварини. Використовуються вони для контролю за роботою серця, визначення допустимих навантажень, зон пульсу і виходу за рамки цих зон.



Рисунок 5.25 – Позначення пульсометра [15]

8) Звукова сигналізація. Для попередження про загрозу для стану здоров'я тварини. Вмикається разом із світловою сигналізацією.



Рисунок 5.26 – Позначення звукової сигналізації [15]

9) Світлова сигналізація. Для попередження про загрозу для стану здоров'я тварини. Вмикається разом із звуковою сигналізацією.



Рисунок 5.27 – Позначення світлової сигналізації [15]

10) Датчик руху. Пристрій для виявлення руху в приміщенні. Застосований для вимикнення звукової та світлової сигналізацій.



Рисунок 5.28 – Позначення датчику руху [15]

Для того, щоб керувати IoT пристроями віддалено, потрібно налаштувати IP адреси для кожного пристрою.

Адреса Інтернет-протоколу (IP-адреса) – це числова мітка, присвоєна кожному пристрою, підключеному до комп'ютерної мережі, що використовує Інтернет-протокол для зв'язку. IP-адреса виконує дві основні функції: ідентифікація хоста або мережевого інтерфейсу та адресація місцезнаходження.

Інтернет-протокол версії 4 (IPv4) визначає IP-адресу як 32-розрядне число. Однак через зростання Інтернету та виснаження доступних IPv4-адрес, нова версія IP (IPv6), що використовує 128 біт для IP-адреси, була стандартизована в 1998 році. Розгортання IPv6 триває з середини 2000-х.

IP-адреси записуються та відображаються в читаних для людини позначеннях, таких як 172.16.254.1 в IPv4 та 2001:db8:0:1234:0:567:8:1 в IPv6. Розмір префікса маршрутизації адреси позначається у позначеннях CIDR суфіксом адреси з кількістю значущих бітів, наприклад, 192.168.1.15/24, який еквівалентний використаній масці підмережі 255.255.255.0.

Простір IP-адреси керується глобально Органом з присвоєнням Інтернету (IANA) та п'ятьма регіональними реєстрами Інтернету (RIR), відповідальними на визначених ними територіях за призначенням місцевих Інтернет-реєстрів, таких як постачальники послуг Інтернет та інші кінцеві користувачі. Адреси IPv4 були розповсюджені IANA на RIR у блоках приблизно по 16,8 мільйона адрес, але вони вичерпані на рівні IANA з 2011 року.

Адміністратор мережі присвоюють IP-адресу кожному пристрою, підключеному до мережі. Такі призначення можуть бути статичними (фіксованими чи постійними) або динамічними, залежно від мережеских практик та функцій програмного забезпечення [38].

У системі застосовано різні види призначенні IP адрес.

Налаштування IP адреси для сервера показано на рисунку 5.29.

Вибрана IP адреса для сервера 1.1.1.1 для простоти і зручності підключення IoT пристроїв до сервера.

Для підключення пристроїв по бездротовому типу, було вибрано динамічну IP адресу.

Для мобільних телефонів було використано динамічну адресу (рисунок 5.30).

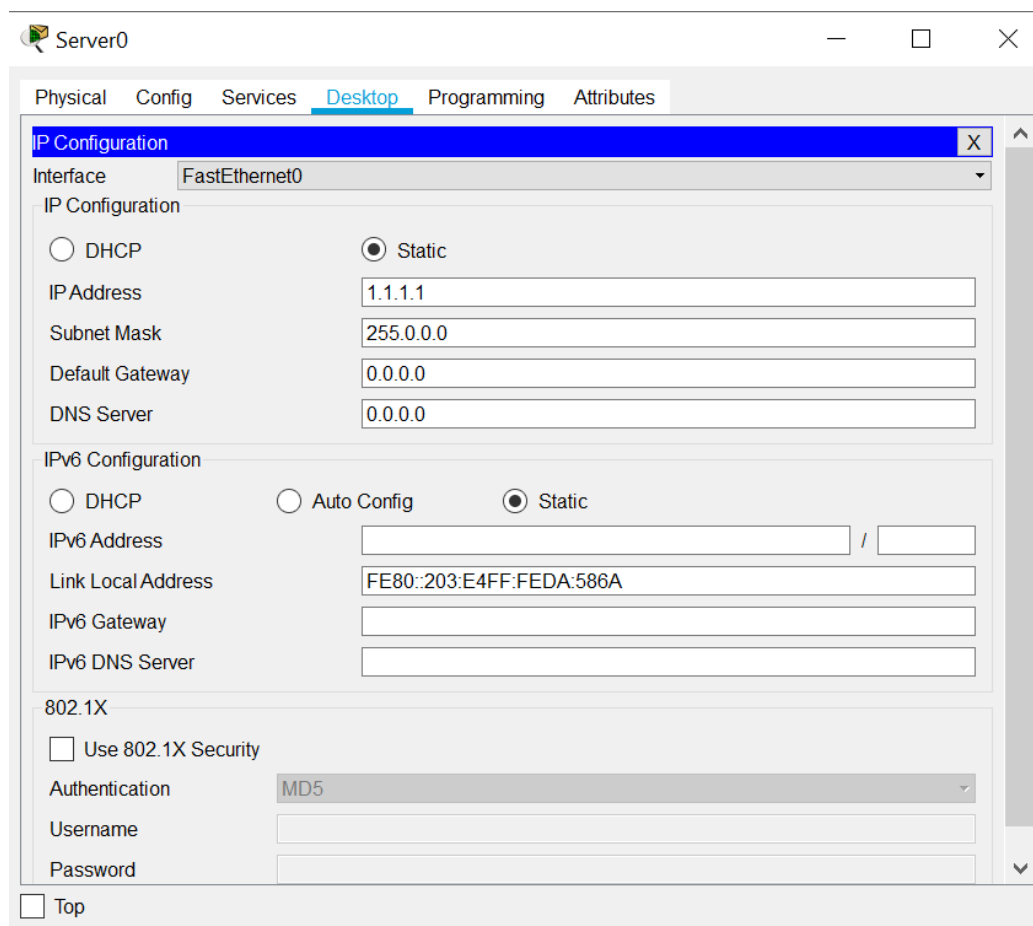


Рисунок 5.29 – Налаштування IP адреси для сервера

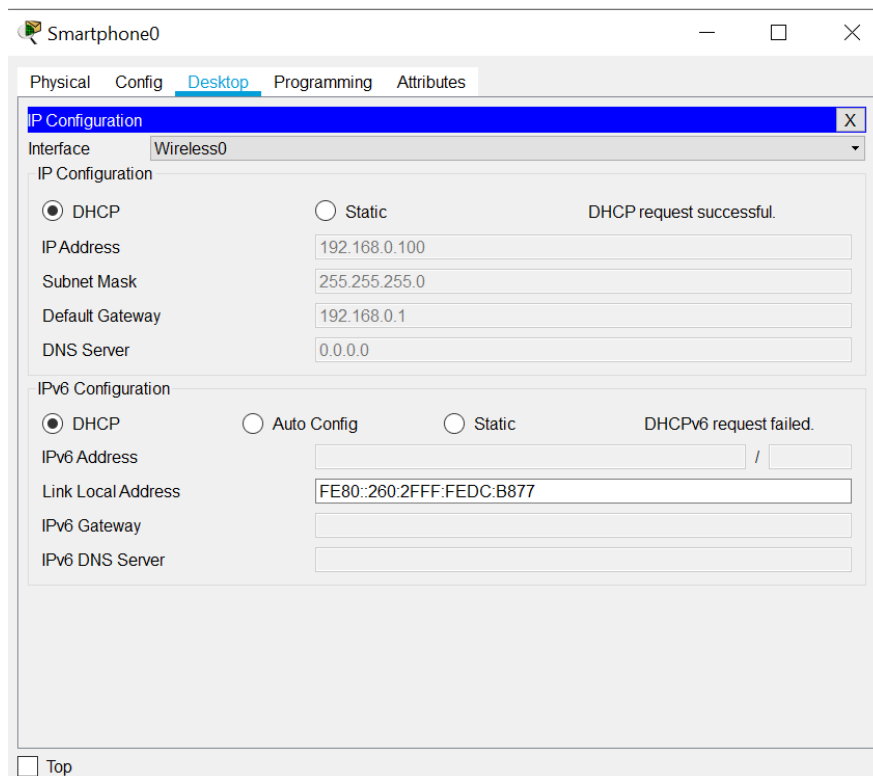


Рисунок 5.30 – Налаштування IP адреси для мобільного телефону

Було створено обліковий запис з такими вхідними даними для адміністрування системи (рисунок 5.31).

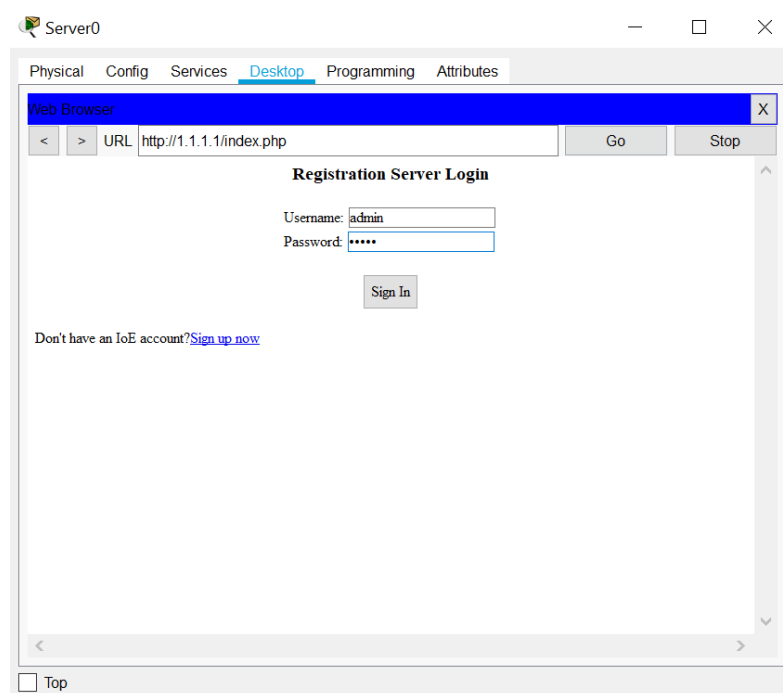


Рисунок 5.31 – Вхід до системи контролю

Оскільки сервер IoT був налаштований також для служб DNS, для входу на головну iothomepage.com сторінку використовується статична IP-адреса сервера IoT.

Після підключення користувача до IoThomepage.com можна візуалізувати стан пристроїв IoT. Також можна переглянути логіку взаємодії між ними.

Як видно на рисунку 5.32, було підключено чотири розумних пристрої IoT: детектор руху, сирена, датчик світла та 1 мікроконтролер, до якого підключені вищезгадані пристрої IoT та датчики, необхідні для моніторингу стану здоров'я тварини.

Сирена та світло використовуються для того, щоб повідомляти користувачам, про негативні сплески у стані здоров'я тварини.

Можна використати дані умови для сценарію №1.

Сценарій №1. Задаються такі умови: якщо включається сирена, включається датчик світла. І навпаки.

Після того, за допомогою мікроконтролера надсилається повідомлення про небезпеку.

На рисунку 5.33 задано умови для одночасної роботи датчиків.

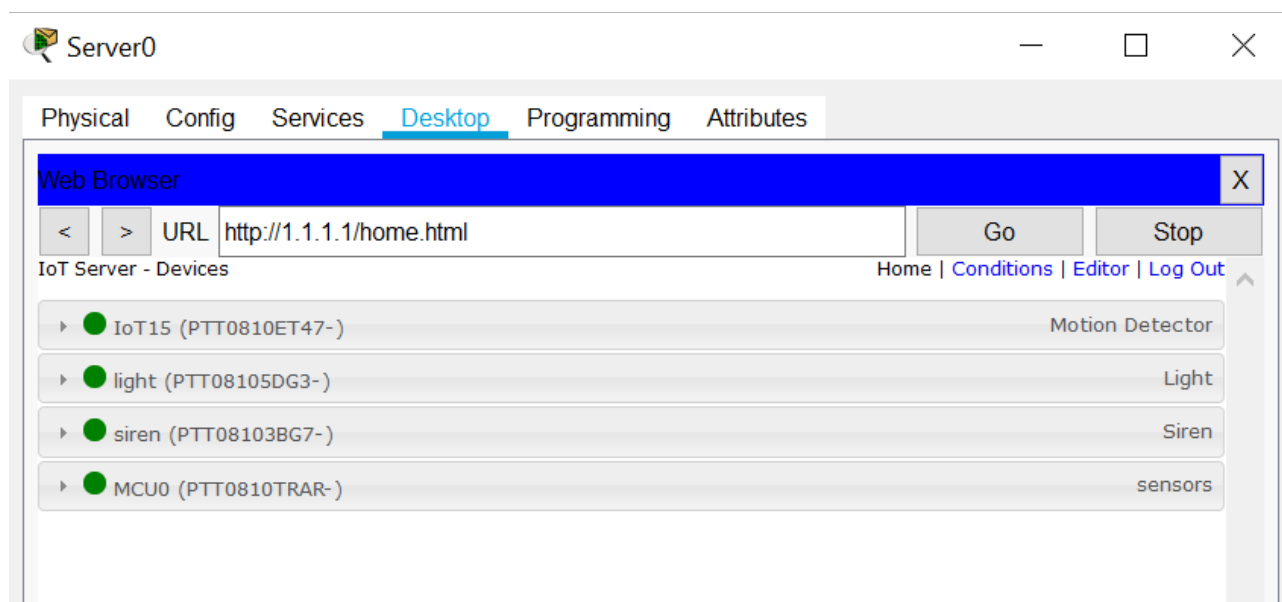


Рисунок 5.32 – IoThomepage.com

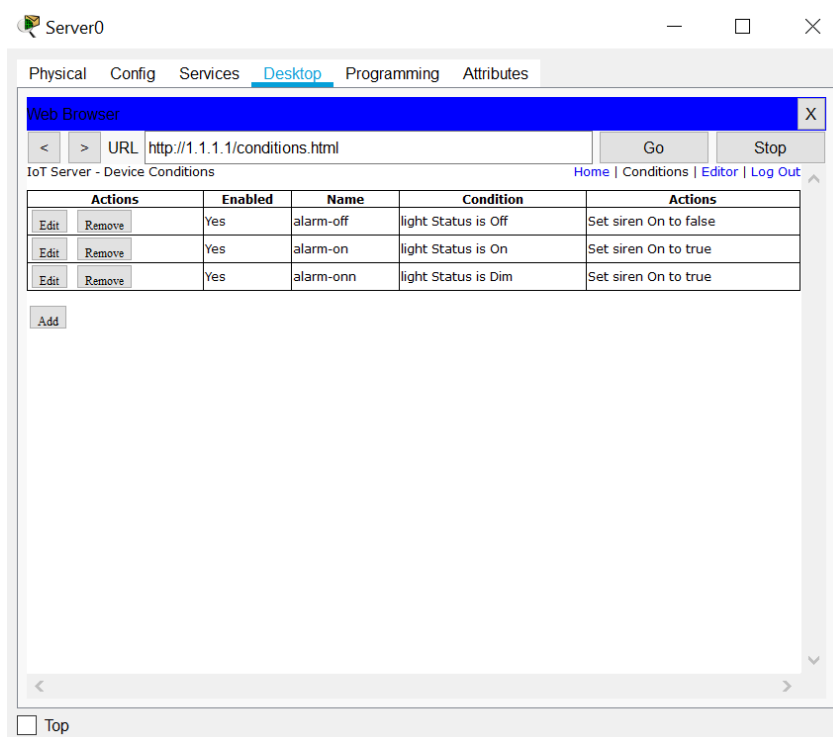


Рисунок 5.33 – Задання умов для сирени та датчика світла

Було використано доменне ім'я – cisco.com.

Далі було додано 2 користувача, між якими буде відбуватись передача повідомлень.

Дані першого користувача, тобто мікроконтролера, відповідно з якого буде надсилатись повідомлення про небезпеку для стану здоров'я тварини:

- логін – mscu;
- пароль – password.

Дані другого користувача, тобто персонального комп'ютера, на який відповідно прийде повідомлення від мкроконтролера:

- логін – pc;
- пароль – password.

Для програмування передачі повідомлень з мікроконтролера було використано мову програмування Java Script. Далі потрібно запусити код і дочекатись статусу відправлення 2. Цей статус означає успішну передачу повідомлення. Робота даного процесу представлена на рисунка 5.34-5.37.

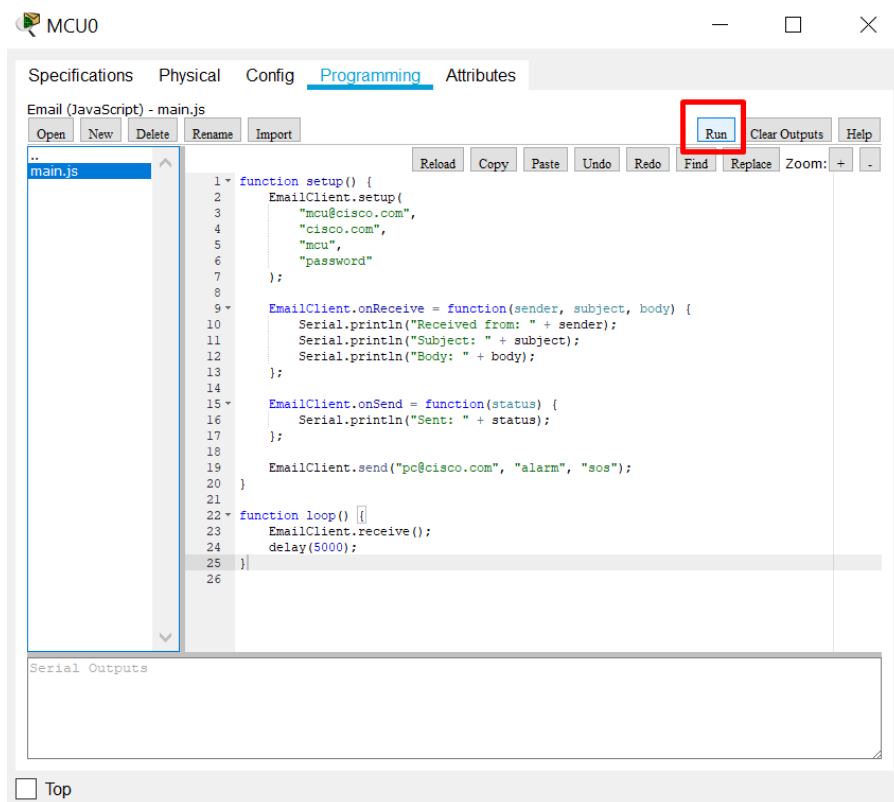


Рисунок 5.34 – Програмування мікроконтролера



Рисунок 5.35 – Підтвердження відправлення

Далі переходимо до персонального комп'ютера та перевіряємо вхідні повідомлення за допомогою кнопки "Receive".

У відповідь можна надіслати повідомлення про виконані або невиконані дії, щоб далі цю інформацію можна було використовувати для статистики і для контролю та запобігання ситуацій, які будуть критичними для виробництва чи надавати йому значну шкоду.

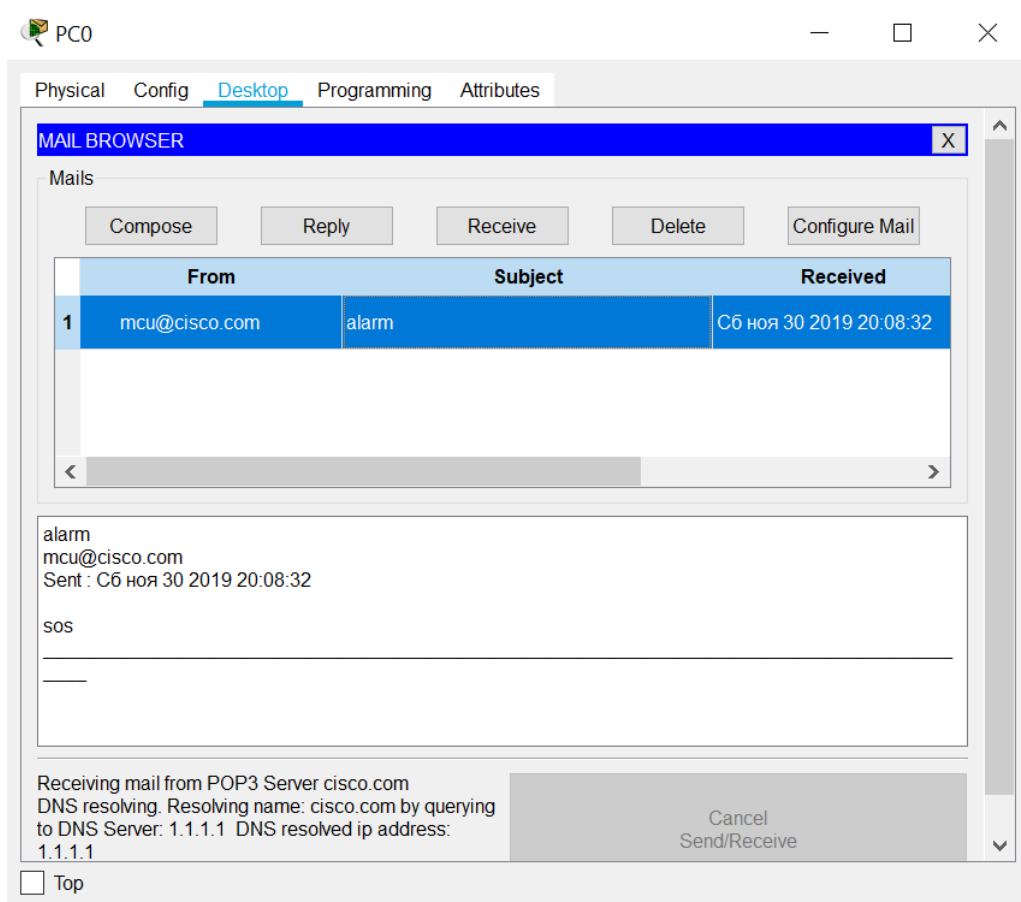


Рисунок 5.36 – Отримання повідомлення

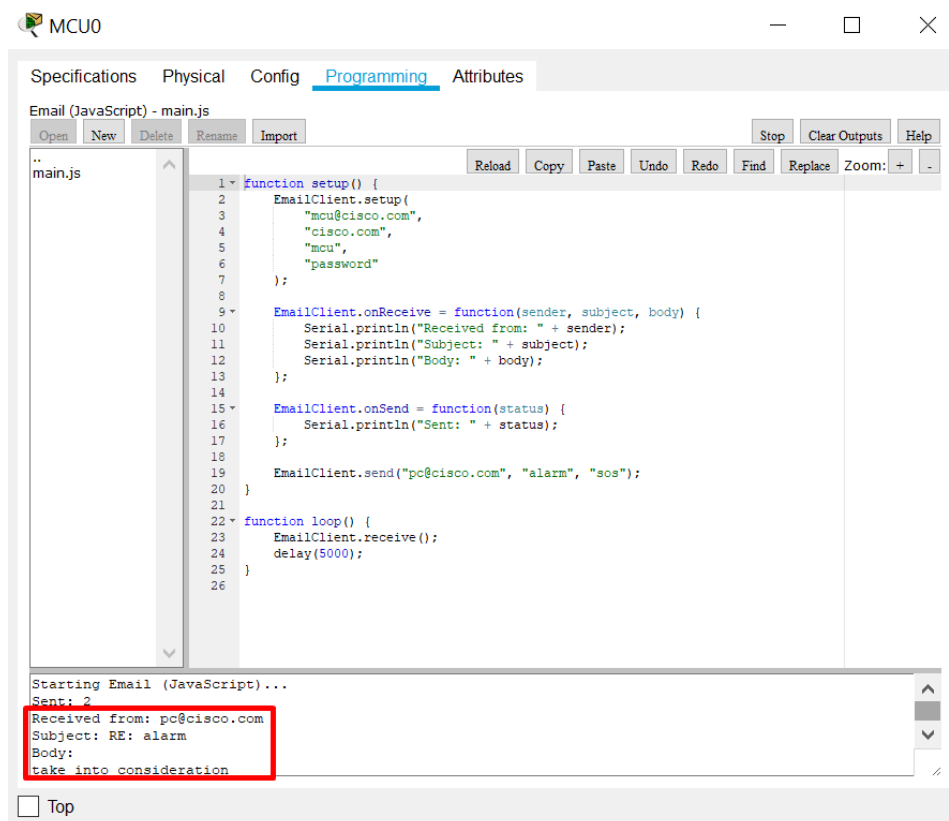


Рисунок 5.37 – Отримання відповіді на мікроконтролері

Функція одночасного ввімкнення/вимикнення сирени та датчика світла представлена на рисунках 5.38-5.41.

Варіант №1. Датчики вимкнені.

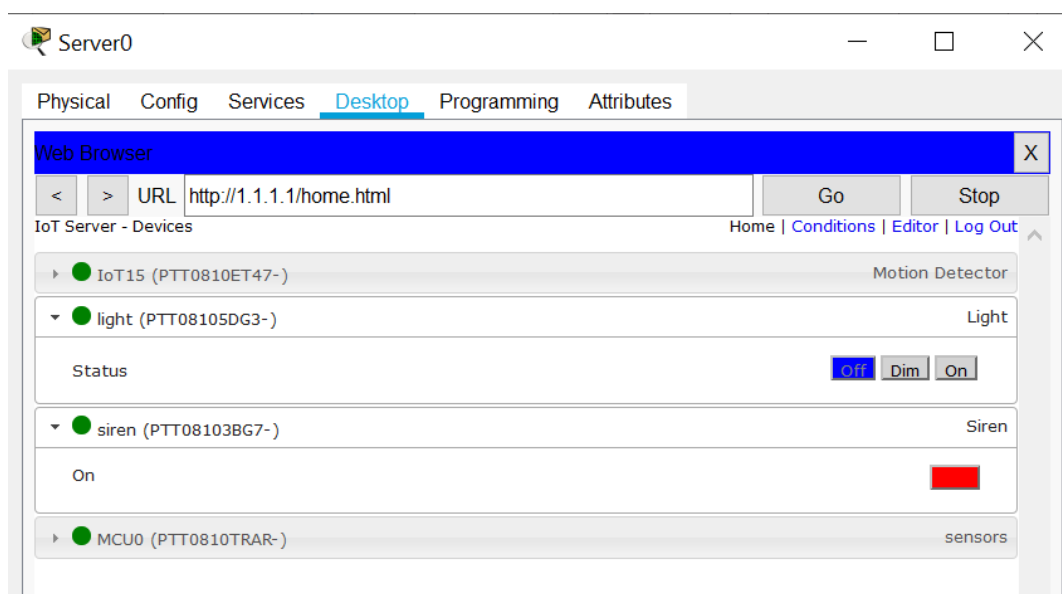


Рисунок 5.38 – Приклад роботи системи

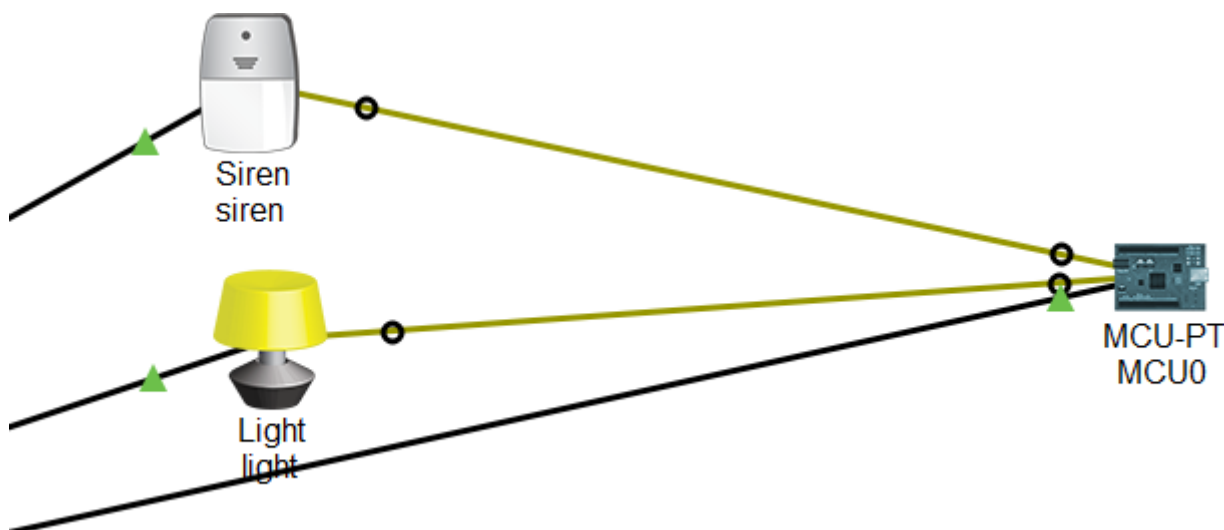


Рисунок 5.39 – Приклад роботи системи

Варіант №2. Датчик світла ввімкнений на низьку потужність. Автоматично вмикається сирена. Статус сирени змінився на ввімкнено.

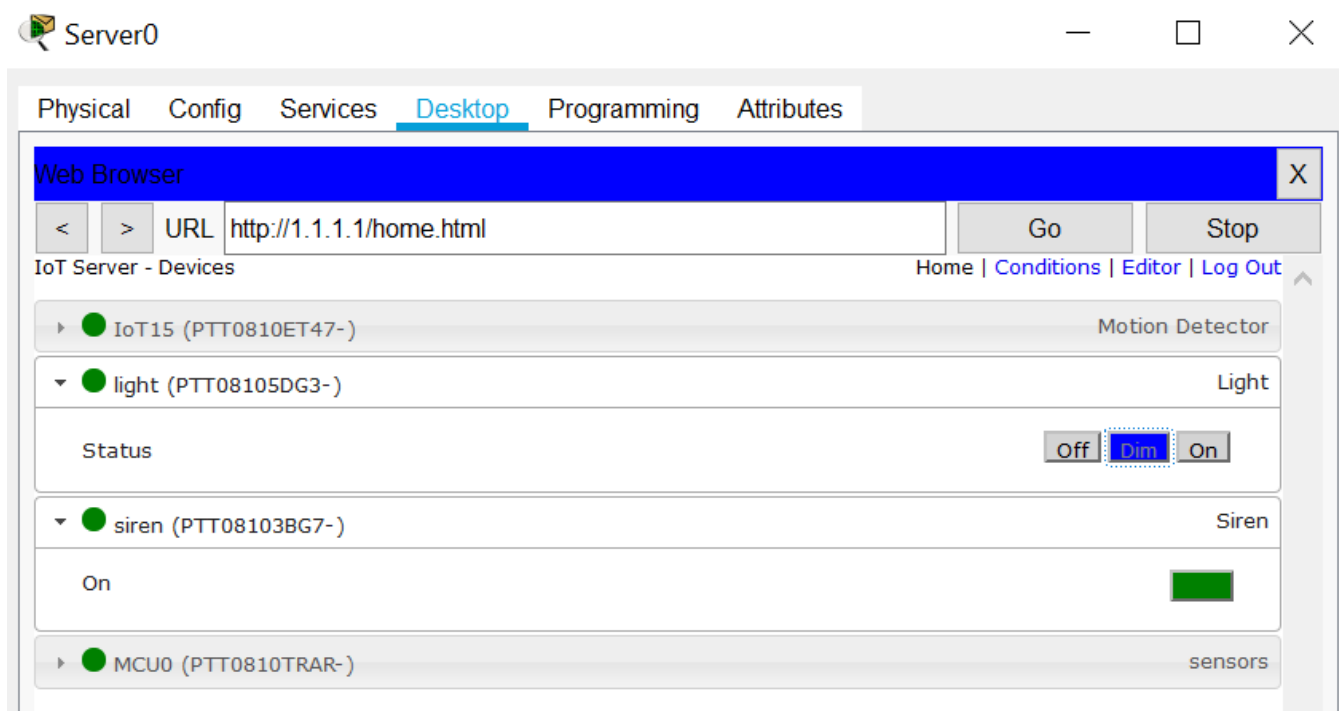


Рисунок 5.40 – Приклад роботи системи

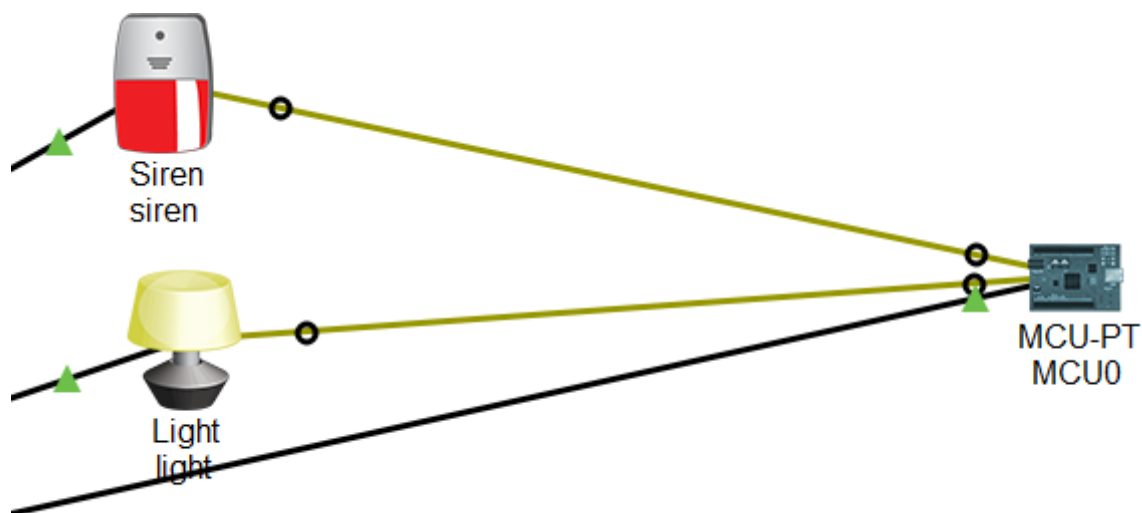


Рисунок 5.41 – Приклад роботи системи

Варіант №3. Аналогічно відбувається з варіантом, коли датчик світла ввімкнений на високу потужність. Статус сирени не змінюється.

Сценарій №2.

Було задано умову – якщо датчик руху ввімкнеться, сирена і датчик світла вимкнуться. Тобто коли фермер побачить про загрозу для стану здоров'я тварини за допомогою веб-додатку чи мобільного додатку, і зайде в необхідне місце на фермі, ввімкнеться датчик руху, а необхідність в сигналізації зникне.

Приклад роботи даного сценарію показаний на рисунках 5.42 та 5.43.

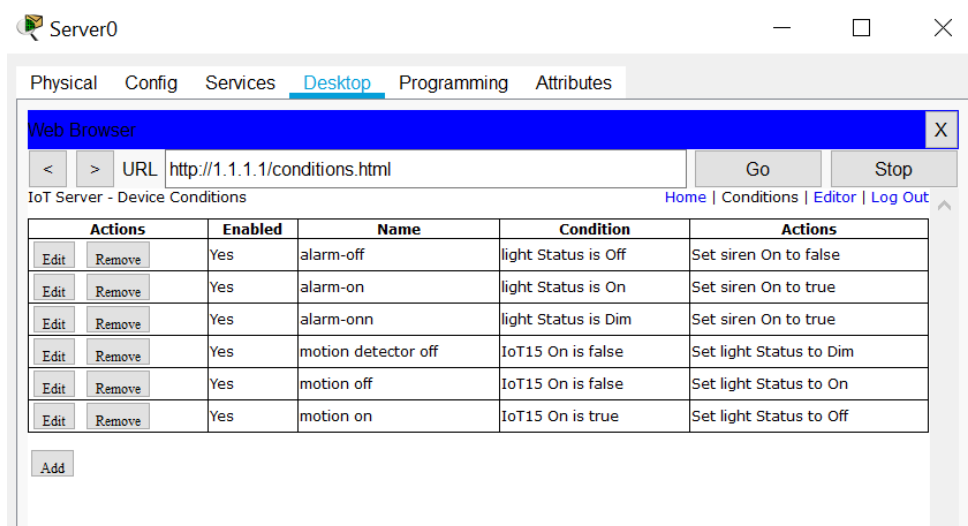


Рисунок 5.42 – Приклад роботи системи

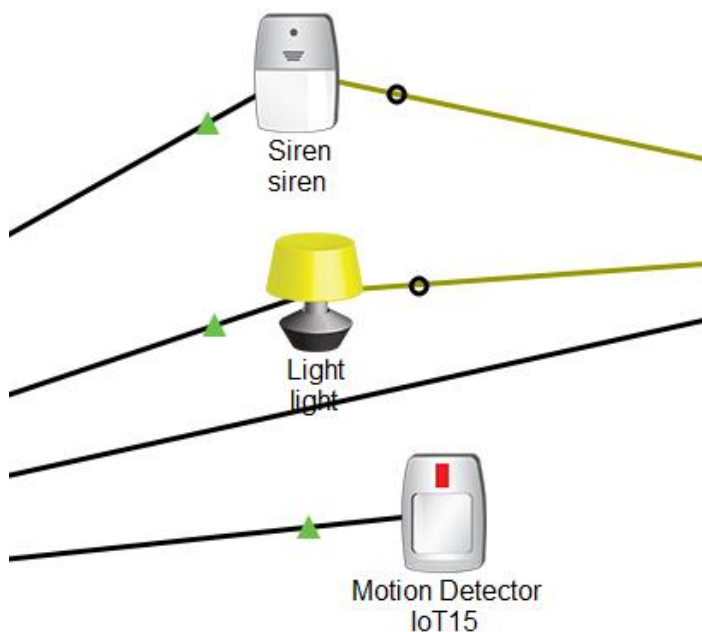


Рисунок 5.43 – Приклад роботи системи

Аналогічно відбувається при інших заданих умовах.

Сценарій №3. Налаштування функції оповіщення при виході значень датчиків за межі допустимих значень.

Мікроконтролер має підключений GPS датчик для виявлення поточного місця розташування (рисунок 5.44). Цей MCU буде надсилати тривогу як серверу, так і на персональний комп'ютер. Умова полягає в тому, коли він отримує хоча б один показник з інших датчиків, який виходить за межі допустимих значень, пересилає це разом із поточними координатами GPS на сервер повідомленням та на персональний комп'ютер.

Визначення поточного місцеположення було запрограмовано за допомогою мови програмування Python, яке надсилається на вказані адреси персонального комп'ютера та сервера.

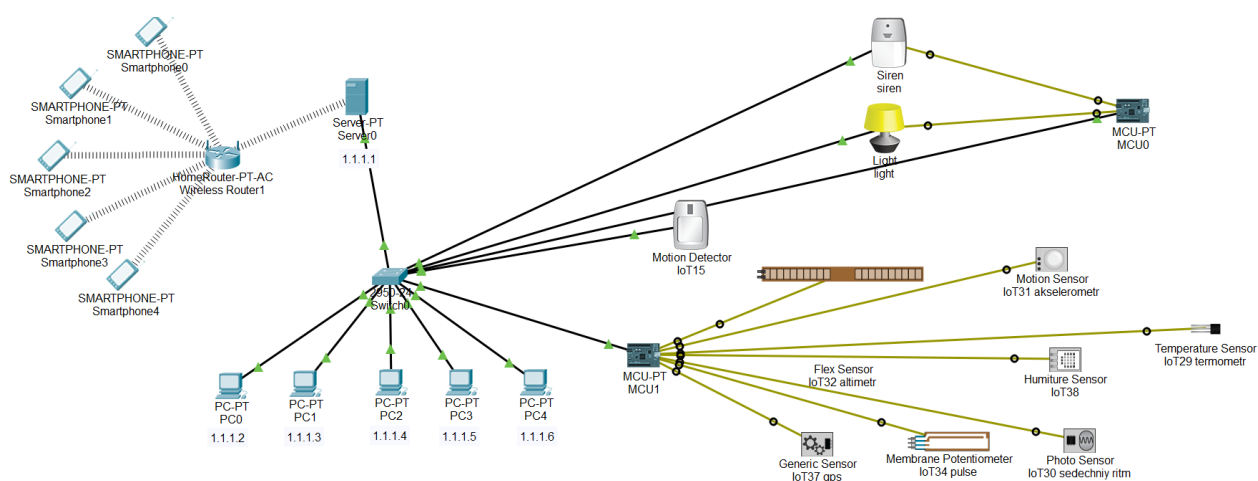


Рисунок 5.44 – Загальна схема моделі

Процес знаходження загрози для стану здоров'я тварини відбувається за допомогою всіх компонентів системи. На сервері прописані всі задані умови для знаходження таких загроз. При зміні показників з датчиків, система моніторингу автоматично показує дані, які виходять за межі норми, та одночасно вмикає звукову та світлову сигналізацію. Процес роботи даних сигналізацій такий самий, як показано на вищезазначених рисунках.

5.3 Висновки до розділу

У розділі описано структуру побудови запропонованої системи, описано принципи роботи її окремих частин та представлено сценарії роботи системи, для яких було використане програмне забезпечення Cisco Packet Tracer. Також описано програмну реалізацію системи, яка була налаштована за допомогою таких мов програмування як Python та Java Script.

6 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

6.1 Опис структурної схеми

Для опису системи загалом, було розроблено схему електричну структурну. Вона представлена на рисунку 6.1.

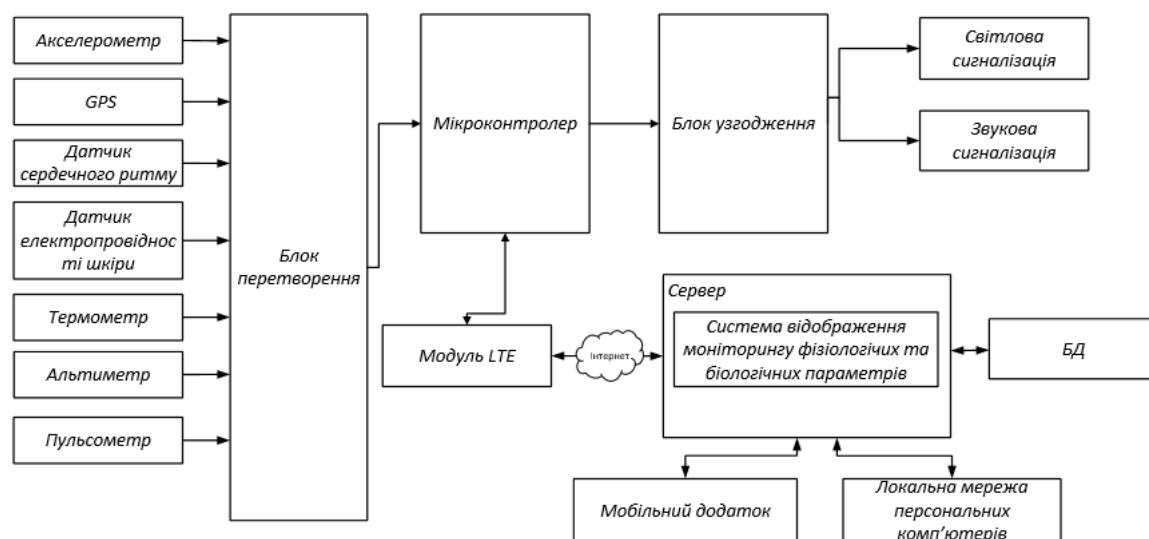


Рисунок 6.1 – Структурна схема системи

Структурні схеми описують основні функціональні частини систем, їх структуру та взаємозв'язок між ними. Структурні схеми не описують функціональних особливостей елементів, що входять до складу системи та не дають уявлення про способи зв'язки між ними.

Розроблена схема представляє структуру інтегрованої інформаційної системи у більш загальному вигляді.

Усі представлені елементи можна умовно розділити на три групи.

До першої групи входять давачі інформації, тобто різні датчики. На представленій схемі до давачів інформації можна віднести акселерометр, GPS, датчик серцевого ритму, датчик електропровідності шкіри, термометр, альтиметр, пульсометр. Перераховані елементи входять до складу системи як основні засоби отримання інформації для моніторингу стану здоров'я тварини.

Отримана первинна інформація потрапляє далі до так званого блоку перетворення, який допомагають привести перетворити отримані дані у вигляд, з яким можуть працювати блоки управління. Саме блоки перетворення слугують каналами зв'язку між різними системами.

Друга група пристроїв представлена блоками управління. Зазвичай, блоки управління виконані у вигляді програмованих інтегральних мікросхем або мікроконтролерів, що розміщуються на друкованих печатних платах. Блоки управління приймає на вхід інформацію від давачів та основі проведеного аналізу приймає рішення про виконання певних дій. В сучасних засобах на фермах блоки управління розташовуються в кожній системі. Такий децентралізований підхід дає змогу підтримувати робочий стан всієї системи при виході із ладу якоїсь меншої підсистеми.

На представленій схемі показано електронний блок управління сервером з системою моніторингу фізіологічних та біологічних параметрів. Його структуру показано узагальнено. Так само узагальнено показано структуру блоку управління автомобілем, до складу якої входять система гальмування, система управління розподілом палива, різні стабілізуючі системи тощо.

Приймаючи дані на вхід, електронний блок у разі потреби генерує управляючі сигнали призначені для виконавчих пристроїв.

Третя група - група виконавчих пристроїв. До них відносяться різні пристрої, що забезпечують роботу системи. Умовно можна сказати, що це вихід системи. До складу цієї групи можуть входити різні двигуни, ліхтарі, обігрівачі тощо.

У розроблюваній системі до цієї групи входять такі елементи: звукова сигналізація та світлова сигналізація.

Для зв'язку між блоками управління та виконавчими пристроями також постає необхідність використання блоків узгодження, адже усі виконавчі пристрої мають різну будову і принципи роботи, а отже і потребують різних видів сигналів для управління.

Так як всі системи так, чи інакше пов'язані між собою, то потрібно забезпечити взаємозв'язок між електронними блоками управління. Такий підхід дозволяє

використовувати отриману від давачів інформацію не тільки в межах однієї ізольованої підсистеми, але і в будь-якій частині системи.

6.2 Висновки до розділу

У розділі розглянуто побудову схеми електричної структурної для розроблюваної системи. Наведено перелік елементів та принципи їх поєднання у систему.

7 РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ

7.1 Опис функціональної схеми

На рисунку 7.1 представлено функціональну схему інтегрованої інформаційної системи моніторингу та керування.

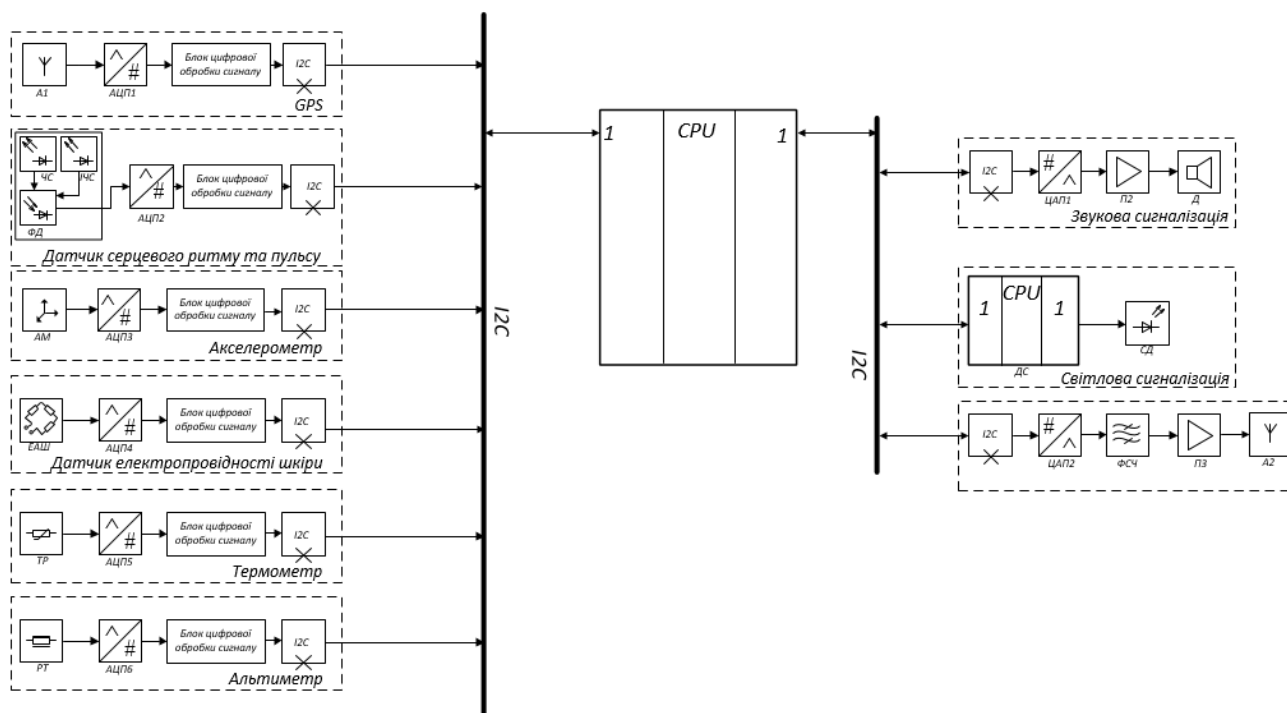


Рисунок 7.1 – Функціональна схеми системи

Загалом, функціональна схема описує функціональні особливості та принципи побудови і роботи окремих елементів системи.

GPS модуль являє собою пристрій, що допомагає отримати точну кординату місцезнаходження у всесвітній системі координат. До складу прийомо-передатчика входить антена, яка слугує для отримання та відправлення даних, далі отримані дані за допомогою АЦП переводяться у цифровий вигляд та надходять до блоку обробки сигналів, звідки за допомогою шини I²C передаються до контролера для подальшої обробки [39].

В основі датчику серцевого ритму та пульсу лежить принцип оптичного отримання даних. Такий спосіб має назву оптична плетизмографія та ґрунтується на

методі порівняння оптичних шляхів проходження світла, які відрізняються за рахунок розширення та звуження судин. У якості джерела світла використовуються світлодіоди червоного кольору, а також світлодіоди, що випромінюють світло у інфрачервоному спектрі. У якості приймача виступає фотодіод. Далі отримані дані надходять до АЦП та блоку обробки інформації, де вони порівнюються, а результуючий сигнал по шині I²C надходить до контролера.

Акселерометр використовується для визначення положення у просторі та пересування, аналоговий сигнал від трьохосового датчика перетворюється у цифровий вигляд та за допомогою I²C надсилаються до контролеру.

Роботу термометра забезпечує теплочутливий елемент, який змінює свій опір при зміні температури. На виході з терморезистору маємо аналоговий сигнал, який ми перетворюємо у цифровий та передаємо до контролеру.

Альтиметр використовується для визначення атмосферного тиску з метою розрахунку перепадів висоти для аналізу фізичного навантаження. В основі пристрою лежить резистор тиску, що змінює свій опір в залежності від тиску. Далі інформація обробляється так само – шляхом цифрування, обробки та передачі до контролера з використанням I²C.

Для звукової сигналізації використовується динамік, який керується підсиленням за допомогою підсилювача сигналом, який ми отримуємо за допомогою ЦАП. Керуючий сигнал генерується контролером та передається по I²C шині.

Таким самим чином відбувається керування світлодіодом сигналізації.

Для передачі даних до серверу використовується стандарт бездротового швидкісного зв'язку – LTE. Для його реалізації використано LTE прийомо-передатчик, який по шині I²C отримує дані від контролеру перетворює їх у аналоговий сигнал, підсилює після фільтрації та передає з використанням антени. Він заснований на мережевих технологіях GSM / EDGE і UMTS / HSPA, збільшуючи пропускну здатність і швидкість за рахунок використання іншого радіоінтерфейсу разом з поліпшенням ядра мережі. Ще однією метою створення LTE було реконструювати і спростити архітектуру мереж, заснованих на IP, значно зменшивши затримки при

передачі даних в порівнянні з архітектурою 3G-мереж. Бездротовий інтерфейс LTE є несумісним з 2G і 3G, тому він повинен працювати на окремій частоті.

Специфікація LTE дозволяє забезпечити швидкість завантаження до 3 Гбіт / с, а затримка в передачі даних може бути знижена до 2 мілісекунд. LTE підтримує смуги пропускання частот від 1,4 МГц до 20 МГц і підтримує як частотне розділення каналів (FDD), так і часове (TDD) [40].

Для обміну інформацією між компонентами пристрою використовується I²C шина – послідовна асиметрична шина для зв'язку між інтегральними схемами всередині електронних приладів. Використовує дві двонаправлені лінії зв'язку (SDA і SCL), застосовується для з'єднання низькошвидкісних периферійних компонентів з процесорами і мікроконтролерами. I²C використовує дві двонаправлені лінії, підтягнуті до напруги живлення і керовані через відкритий колектор або відкритий стік - послідовна лінія даних (SDA, англ. Serial DAta) і послідовна лінія тактування (SCL, англ. Serial CLock). Стандартні напруги +5 В або 3,3 В, однак допускаються й інші.

Класична адресація включає 7-бітовий адресний простір з 16 зарезервованими адресами. Це означає, що розробники мають до 112 вільних адрес для підключення периферії на одну шину.

Основний режим роботи - 100 кбіт / с; 10 кбіт / с в режимі роботи зі зниженою швидкістю. Також важливо, що стандарт допускає припинення тактування для роботи з повільними пристроями.

7.2 Висновки до розділу

У розділі описано функціональні принципи роботи елементів системи. Наведено короткий опис особливостей для кожного з них. Описано спосіб поєднання компонентів у мережу, а також спосіб обміну даними із сервером.

8 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Стартап - це компанія, яка перебуває на першому етапі своєї діяльності, і яка використовується для пошуку повторюваної і масштабованої бізнес-моделі. Саме тому більшість стартап проектів створюються саме в сфері ІТ. [41].

8.1 Опис ідеї проекту

Метою магістерської дисертації є підвищення ефективності роботи ферм за рахунок технологій інтернету речей.

Зміст ідеї, можливі напрямки застосування та основні вигоди, що може отримати користувач товару представлено у таблиці 8.1

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
	1. Побудова ферм з використанням даного підходу	Підвищення рівня моніторингу за станом здоров'я тварини. Підвищення рівня керування засобами, які є на фермі.
	2. Використання підходу для модернізації існуючих систем	Підвищення якості роботи існуючих системи без великих вкладень

На ринку присутні декілька конкурентів, що пропонують користувачам схожий функціонал.

Запропонований метод відрізняється спектром наданої інформації про стан здоров'я тварини та відносно невеликою вартістю.

Було визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідей. Потім проведено аналіз потенційно можливих техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї та існуючих аналогів. Для проведення такого аналізу, визначено попереднє коло опонентів, що представлені на ринку. Результати досліджень представлено у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї

№ п/п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтра- льна сторона)	S (сильна сторона)
		AfiMilk	Cowlar	Lely			
1.	Вартість одиниці	Висока вартість	Висока вартість	Висока вартість			+
2.	Клієнтська база	Так	Так	Так	+		
3.	Висока точність моніторингу станом здоров'я тварини	Так	Середня	Так			+

Продовження таблиці 8.2

№ п/п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтра- льна сторона)	S (сильна сторона)
		AfiMilk	Cowlar	Lely			
4.	Давачі інформації	Велика кількість	Середня кількість	Велика кількість			+
5.	Робота в режимі 24/7	Так	Так	Так			+
6.	Робота у режимі реального часу	Так	Так	Так			+
7.	Можливість встановлення додаткового обладнання	Так	Ні	Ні			+

Аналізуючи дані, які наведені у таблицях, можна зробити висновок, що ідея даної системи є конкурентноспроможною на українському та світовому ринку. Вона містить всі необхідні критерії та характеристики. Мінус лише в тому, що вона немає клієнтської бази. Але цей мінус можна виправити з часом.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

У таблиці 8.3 приведено показники технічного аудиту ідеї проекту, та визначено за якою технологією буде виготовлено продукт, проведено аналіз існування необхідних технологій та їх доступність.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Використання поєднання інформації з різних датчиків	Використання технології інтернету речей	Наявна велика кількість різної структури та характеристик	Доступні
2.		Написання власного алгоритму обробки з використанням зручних технологій	Потрібно розробляти	Потрібно розробляти
3.		Модифікація існуючих алгоритмів	Потрібно розробляти	Потрібно розробляти
Було обрано технологію модифікації існуючого алгоритму IoT за допомогою програмного забезпечення Cisco Packet Tracer, використовуюючи мови програмування Python та JS.				

З огляду на дані таблиці проект має змогу технічної реалізації.

8.3 Аналіз ринкових можливостей стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту та ринкових загроз, які можуть зашкодити реалізації проекту.

В таблиці 8.4 показано результати аналізу попиту та стану справ на ринку.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	5
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Точне число не вказується, приблизно 500 млн. ум. од.
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Є, сертифікація і проходження санітарних норм
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Проходження всіх тестів та санітарних норм, які передбачені законом для проведення виробництва
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Дуже висока, під шестидесяти до восьмидесяти відсотів за одну одиницю товару

Роблячи аналіз отриманих результатів, можна сказати, що ринок є доволі привабливим для входження.

Наступним етапом є визначення потенційних груп клієнтів, їх характеристики та формування орієнтовного переліку вимог до товару для кожної групи. Результати досліджень представлено у таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Моніторинг стану здоров'я тварини на фермах	Ферми	Бажання використовувати нові технології	Легкість користування, інтуїтивний інтерфейс, вартість, автоматизація
2	Моніторинг стану здоров'я тварини на масовому виробництві	Масове виробництво	Збільшення попиту на свою продукцію	Зручна, інтуїтивна система, легкість інтеграції на власний ресурс

Далі, проводимо аналіз ринкового середовища та складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають. Результати представлено у таблиці 8.6 та 8.7.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Поява більш точних систем	Можлива поява та стрімкий розвиток нових систем, що матимуть кращі показники	Спроба підвищити якість та точність системи
2.	Відсутність інвестицій	При відсутності інвестицій неможливий початок виробництва у промислових масштабах	Пошук інших джерел інвестицій
3.	Стан економіки країни	Економіка країни є нестабільною і постійно знижується, що призводить до меншої платоспроможності компаній	Вдосконалення системи за допомогою схожих за якістю елементів системи, але більш дешевих

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Вільний ринок в країні	На даний час в Україні немає схожих систем моніторингу та керування	Простота виходу на ринок
2.	Неусвідомленість компаній	Компанії не до кінця усвідомлюють значущість систем	Реклама, прямі продажі за допомогою технологій SMM

		моніторингу та керування	
--	--	--------------------------	--

Аналіз пропозиції наведений нижче, саме тут визначається рівень конкуренції. Результати наведено у таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Вказати тип конкуренції Тип конкуренції: ринок України – монополістична, світовий – чиста	На ринку України відсутні рішення інформаційних систем моніторингу та керування станом здоров'я тварини	Максимально розширювати межі та захоплювати сегменти компаній, що потребують даний продукт
2. За рівнем конкурентної боротьби - міжнародний	Всі рішення представлені на міжнародному ринку	Великі масштаби виробництва
3. За галузевою ознакою: внутрішньо-галузева	Ринок ферм є по всій території України	Використання продукту на території України
4. Конкуренція за видами товарів - товарно-родова	Створення товарів однієї категорії	Ведення активної маркетингової діяльності
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Споживачі готові платити більше за більш якісну систему	Спрямування лівової частки доходів на розвиток технологій

6. За інтенсивністю - марочна	Система призначена для спільної цільової аудиторії	Введення активної маркетингової діяльності
----------------------------------	--	---

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера), що наведено у таблиці 8.9, з якої випливає що є велика можливість виходу на ринок, пропонуючи унікальні продукти та послуги, а оскільки продуктом є система з інноваційним рішенням, конкурувати буде значно легше, а також беручи до уваги те, що система є простою для впровадження, підтримує масштабованість, вона буде задовольняти потреби більшості компаній.

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Прямі конкуренти на ринку України відсутні, на світовому частково – AfiMilk, Cowlar, Lely	Вихід світових лідерів на ринок України	Постачальники відсутні	Обмеження платоспроможністю	Товарозамінники відсутні
Висновки:	Конкуренція несформована	AfiMilk, Cowlar, Lely	Постачальники відсутні	Можлива відмова від рішення	Товарозамінники відсутні.

Далі необхідно проаналізувати та визначити фактори конкурентоспроможності компанії, що наведені в таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Універсальність	Представлена система показує інтегрованість важливих дачів інформації для моніторингу та керування станом здоров'я тварини за допомогою використання технології інтернету речей
2.	Низька собівартість	По відношенню до конкурентів, дана система має меншу собівартість, а це означає, що вартість використання системи є меншою за представлені на ринку системи
3.	Масштабованість	Для забезпечення конкурентоспроможності система має бути масштабована і готова до змін та розміру бізнесу клієнта.
4.	Швидкість впровадження	Для бізнесу завжди важлива швидкість, щоб бути попереду конкурентів
5.	Інновації та технології	Система має інновації саме через використання технології інтернету речей.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводимо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту. Порівняльний аналіз представлено у таблиці 8.11

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з власним проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Універсальність	15		+					
2.	Низька собівартість	20			+				
3.	Масштабованість	17				+			
4.	Швидкість впровадження	18				+			
5.	Інновації та технології	20			+				

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є SWOT – аналіз, на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних та слабких сторін. На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. SWOT аналіз складається з аналізу сильних, слабких сторін, загроз та можливостей. SWOT – аналіз представлено у таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – SWOT – аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Низька собівартість Технологія, інновація	Слабкі сторони: Наявність лише моделі системи без фізично реалізації Досвід, IT та вет фахівці
Можливості: Створення фізичної моделі Несформована конкуренція	Загрози: Поява нових конкурентів Стан економіки середовища

Альтернативи ринкового впровадження наведені в таблиці 5.13.

З означених альтернатив обирається та, для якої:

- а) отримання ресурсів є більш простим таймовірним;
- б) строки реалізації – більш стислими.

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Реалізація фізичної моделі	Малоймовірно	24 місяці
2.	Вихід на ринок не як готове рішення, а як потенційна модель	Ймовірно	1 місяць
3.	Індивідуальні продажі	Малоймовірно	2 роки

Аналізуючи наявні перспективи найвигіднішим варіантом є реалізація продукту не у вигляді готового рішення, а у вигляді моделі.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для отримання продаж необхідно визначити цільову аудиторію та групу потенційних споживачів.

Опис таких груп наведеного в таблиці 8.14. Аналіз груп дає можливість сформулювати стратегію охоплення ринку для виходу на нього.

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Ферми	Висока	85%	Низька	Висока
2.	Власники тварин	Середня	35%	Низька	Висока
3.	Промислові тваринницькі підприємства	Висока	75%	Низька	Середня
4.	Дослідницькі центри у сфері дослідження стану тварин	Низька	20%	Низька	Середня
5.	Сільськогосподарські господарства	Низька	5%	Низька	Середня
Які цільові групи обрано: ферми та промислові тваринницькі підприємства					

Для роботи в обраному сегменті ринку сформулюємо базову стратегію розвитку.
Визначення базової стратегії розвитку наведена в таблиці 8.15

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспромо- жні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Вихід на ринок не як готове рішення, а як потенційна модель	Концентрова- ного маркетингу	Можливість виходу на ринок без створення фізичного готового рішення	Стратегія диференціації

У таблиці 8.16 представлено визначення базової стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Ні	Шукати нових	Ні	Стратегія спрямованості

Визначення стратегії позиціювання представлено у таблиці 8.17

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	1. Простота використання 2. Ціна 3. Наявність бажаного функціоналу 4. Масштабованість 5. Інтеграція 6. Якість	Стратегія спрямованості	1. Цінова перевага 2. Іноваційне рішення 3. Простота розгортання 4. Простота впровадження 5. Інтеграція 6. Масштабованість	1. Підвищення прибутку 2. Збільшення клієнтів 3. Оптимізація витрат

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап – проекту

Маркетингова програма – це комплекс завдань, що пов’язані для планомірного здійснення, і адресних заходів соціального, економічного, науково-технічного, виробничого, організаційного характеру з визначенням ресурсів, що використовуються. Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач [42].

Сформуємо маркетингову концепцію продукту. Визначення ключових переваг концепції потенційного продукту представлено в таблиці 8.18.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Збільшення прибутку	Спрямування ресурсів лише на ті групи клієнтів, які більше приносять прибутку	
2	Оптимізація витрат	Зменшення витрат на пошук прихованих груп клієнтів	
3	Підвищення якості моніторингу стану тварини	Підвищення якості роботи системи за допомогою великої кількості давачів	Якість надання послуг

Далі розробимо трирівневу маркетингову модель товару. Опис трьох рівнів моделі товару представлено у таблиці 8.19

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Продукт у вигляді інтегрована інформаційна система моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми.

Продовження таблиці 8.19

II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Кількість		1 шт.
	Якість: показник моніторингу та керування показує, що є можливість використання системи у реальному житті.		
	Пакування		
	Марка:		
Рівні товару	Сутність та складові		
III. Товар із підкріпленням	Програмне забезпечення		
Потенційний товар буде захищено від копіювання за допомогою використання патентів.			

На наступному кроці визначимо цінові межі, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар. Визначення меж встановлення ціни показано у таблиці 8.20.

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	Відсутні	10 000 – 15 000 \$	Від 5 000 \$/місяць	7 000 – 9 000 \$

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення, таблиця 8.21:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Замовлення виготовлення системи, оплата та встановлення	Інформування споживачів	Один рівень	Комбінована

Розробимо концепцію маркетингової комунікації. Її розробку представлено у таблиці 8.22

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуютьс я цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлен ня	Концепція рекламного звернення
1.	Ведення фермерства або м'ясного та м'ясного виробництва	Інтернет	Інноваційне рішення. Поеднання технологій.	Розширення клієнтської бази	Популярні SMM технології

8.6 Висновки до розділу

В цьому розділі було проведено маркетинговий аналіз з метою визначення можливості та доцільності виходу на ринок з проектом інтегрованої інформаційної системи моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми.

Підсумовуючи аналіз стартап – проекту, можна стверджувати, що існує можливість ринкової капіталізації проекту. Виходячи з того, що на ринку України прямих конкурентів немає, можна стверджувати про легкий старт. Однак необхідно брати до уваги економічний стан в країні та можливість входу зарубіжних систем на ринок України.

У вигляді готової системи рентабельність є не дуже високою, адже для підготовки такої системи необхідно залучати достатньо великих інвесторів, проводити додаткові дослідження і тести, а потім сертифікувати та стандартизувати систему. Тому, кращим варіантом комерціалізації проекту є вихід на ринок у вигляді програмно-апаратної реалізації моделі. Такий підхід одразу відкидає один із головних

бар'єрів входу, про який йшлося вище – це сертифікати міжнародних комітетів з питань безпеки та санітарних норм, які передбачені законом України.

Подальша імплементація проекту є доцільною з точки зору розвитку галузі загалом, а також з точки зору створення тестової фізично реалізованої моделі для дослідження роботи моделі у реальному житті.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація присвячена задачі прогнозування стану здоров'я тварини за рахунок розроблення інтегрованої інформаційної системи моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми.

Для ознайомлення з принципами будови систем моніторингу та керування було зроблено аналіз існуючих рішень, що використовуються на сьогоднішній день. Цей огляд було наведено у розділі 2. На основі аналізу наведеної інформації в існуючих системах було прийнято рішення щодо використання необхідних датчиків та компонентів системи.

Було розглянуто огляд існуючих метрик, щоб забезпечити інтелектуальний аналіз задач моніторингу та прогнозування стану здоров'я тварини. Огляд метрик представлений у розділі 3.

На основі метрик було прийнято рішення щодо вибору концепції управління в молочному виробництві. Основою поставленої задачі служать нові математичні моделі динаміки і діагностики показників здоров'я та прогнозування ранніх стадій захворювань і патологій, що ведуть до подальшого відбору худоби. Математичні моделі доповнюються запропонованими алгоритмами оптимального управління станом здоров'я і продукційним процесом, де критерієм оптимальності служить прибуток.

Після вибору метрик та концепції управління було реалізовано програмну частину системи, а саме предсталена модель системи. Розробка наведеної моделі представлена у розділі 5. Інструмент, обраний для моделювання, Cisco Packet Tracer. В останній версії цього інструменту Cisco представив функціонал IoT, і тепер в мережу можна додати розумні пристрої, компоненти, датчики, пускачі, а також пристрої, що імітують мікроконтролери, такі як Arduino або Raspberry Pi. Усі пристрої IoT, які представлені в моделі системи були запрограмовані за допомогою таких мов програмування як Java Script та Python.

Для повного опису системи було розроблено та описано схему електричну структурну та схему електричну функціональну з позиції побудови повної системи автономного управління. Розроблення та опис схем наведено у розділах 6 та 7.

Було проведено дослідження можливості комерціалізації запропонованої ідеї. Для цього, проведено дослідження стартап-проекту за різними показниками, оцінено можливість виходу на ринок, стан та тип конкуренції, можливі перешкоди та виділено переваги нашого продукту відносно конкурентів. На основі аналізу було зроблено висновок про доцільність подальшої імплементації проекту. Розроблення стартап – проекту описано у розділі 8.

Отже, запропонована модель інтегрованої інформаційної системи моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми є досить ефективною в порівнянні з аналогічними системами та має можливість бути реалізованою фізично.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глобальне виробництво точного землеробства [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.business.ua/strategies/4264-vrozhainyi-hadzhet-suchasni-tekhnohii-na-sluzhbi-u-ahrariiv/> - 19.02.2018 р.
2. Програмне управління процесами в газулі тваринництва [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3943/1/1.%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B5%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D0%B2%20%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B7%D1%96%20%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D1%96%D0%B9%20%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B7%D1%96.pdf> - 19.07.2019 р.
3. Офіційний сайт компанії AfiMilk [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.afimilk.com/ru> - 05.08.2019 р.
4. Офіційний сайт ICAR [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.icar.org/> - 18.08.2019 р.
5. Офіційний сайт Cowlar [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.cowlar.com/> - 18.08.2019 р.
6. Офіційний сайт LELY [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.lely.com/> - 18.08.2019 р.
7. Агеев М., Кураленок І., Некрестьянов І. Офіційні метрики РОМІП 2010. «Семінар за оцінкою Методів Інформаційного Пошуку. Труды РОМІП 2010». Казань, 2010, с. 172-187.
8. Антонов Л.В. Алгоритм моніторингу критичних вимірів параметрів виробничого процесу тваринницького підприємства. Алгоритми, методи та системи обробки даних. № 29. 2014. с. 3-12.

9. Орлов А.А., Антонов Л.В. Огляд і аналіз сучасних інформаційних рішень автоматизованих тваринних підприємств. Сучасні проблеми науки та освіти. 2013. № 6 с. 58-65.
10. Баженов Р.І., Лопатин Д.К. Про застосування сучасних технологій в розробці інтелектуальних систем. Журнал наукових публікацій аспірантів і докторантів. 2014. № 3 (93). с. 263-264.
11. Михайленко І.М. Основні задачі управління виробництвом продукції рослинництва та тваринництва. Мат. 3-ій наук.-прак. Конф. «Машинні технології виробництва продукції в системі точного землеробства і тваринництва». М., 2005; 246-252.
12. Михайленко І.М., Тімошин В.Н. Система управління виробництвом молока, 2007, 8(100): 41-63.
13. The second Annual IoT 2010 conference [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://eu-ems.com/summary.asp?event_id=55&page_id=342 – 25.09.2019 р.
14. The NIST Definition of Cloud Computing [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final> - 10.09.2019 р.
15. Офіційний сайт компанії Netacad [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.netacad.com/ru/courses/packet-tracer> - 10.09.2019 р.
16. Wang (2012). "Enterprise cloud service architectures". Information Technology and Management. 13 (4): 445–454.
17. Офіційний сайт компанії AWS [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://aws.amazon.com/ru/what-is-cloud-computing/> - 10.09.2019 р.
18. Integration Platform As A Service (IPaaS) [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/information-platform-as-a-service-ipaas> - 15.09.2019 р.
19. Gartner Reference Model for Integration PaaS [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.gartner.com/en/documents/1729256> - 15.09.2019 р.
20. Definition of: SaaS [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/56112/saas> - 16.09.2019 р.

21. Roundup Of Cloud Computing Forecasts And Market Estimates, 2014 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2014/03/14/roundup-of-cloud-computing-forecasts-and-market-estimates-2014/#3e75768757a2> – 17.09.2019 р.
22. Хмарні технології [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://hmarni.blogspot.com/p/blog-page_31.html - 25.09.2019 р.
23. Schwartzman, Alejandro, and Chrisanto Leano. "Methods and apparatus for enabling and disabling cable modem receiver circuitry." U.S. Patent No. 7,587,746. 8 September 2009.
24. Beser, Nurettin Burcak. "Operating cable modems in a low power mode." U.S. Patent No. 7,389,528. 17 June 2008.
25. Технологія LoRaWAN [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://deps.ua/knowegable-base-ru/spravochneya-informatsiya/item/66633.html> - 30.09.2019 р.
26. Офіційний сайт LoRaWAN [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://lora-alliance.org/> - 30.09.2019 р.
27. Технологія LoRaWAN [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.elko.ua/ru/novosti2/lorawan-elko-smart-center> - 30.09.2019 р.
28. Офіційний сайт Sigfox [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.sigfox.com/en> - 10.10.2019 р.
29. Sigfox [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sigfox> - 10.10.2019 р.
30. Sigfox [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://fastsalttimes.com/sections/solution/845.html> - 10.10.2019 р.
31. Порівняння тенологій Sigfox [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.link-labs.com/blog/sigfox-vs-lora> - 10.10.2019 р.
32. Standardization of NB-IOT completed [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1785-nb_iot_complete - 22.10.2019 р.

33. Internet of Things [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.gsma.com/iot/extended-coverage-gsm-internet-of-things-ec-gsm-iot/> - 23.10.2019 р.
34. Network switch [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Network_switch - 05.11.2019 р.
35. Гнучкі комутатори для захищених мереж [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.cisco.com/web/RU/products/hw/switches/ps628/index.html> - 10.11.2019 р.
36. Microcontroller [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller> - 15.11.2019 р.
37. Трьохдіапазонні роутери [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://mediapure.ru/setevye-ustrojstva/wi-fi-oborudovanie/triband-routery-dlya-postroeniya-domashnej-seti-trexdiapazonnyye-routery-na-praktike/> - 20.11.2019 р.
38. IP address [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/IP_address - 27.11.2019 р.
39. I2C [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://andrey.lviv.ua/dictionary/i2c> - 01.12.2019 р.
40. Програмування мікроконтролерів [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://knowledge.allbest.ru/programming/2c0b65625a3ac69b4c43b89421216d26_0.html - 02.12.2019 р.
41. Startup company [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Startup_company - 03.12.2019 р.
42. Маркетингова програма підприємства [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.ukrainereferat.org/uaref-2263-1.html> - 03.12.2019 р.

Додаток А – Публікація

CONFERENCE PROCEEDINGS

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ


 winter
infoCom 2019

VIII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
З ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Winter InfoCom Advanced Solutions 2019

8th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

2-3 грудня 2019 року
Україна, Київ

2-3 December 2019
Ukraine, Kyiv

Communications
Cyber Intelligence
Information Security

Pe Pwne Express	Sc Silent Circle	Pap Payfone	App AppDome	Atk AttackIQ	SS Security Scorecard
Lo Lookout	Zi Zimperium	Trs Trustlook	Sl Sirin Labs	Ce Cyence	Bd Bay Dynamics
Op OpenPeak	Hy Hypori	As Avast Software	Rn RedSeal Networks	Bt BitSight Technologies	Ks Kenna Security
Ap Appthority	Apk Appknox	Mm Mobi Magic	Sa SafeBreach	Pn Prevalent Networks	Co Corax

Ah Andreessen Horowitz	Lvp Lightspeed Venture Partners	Kpc Kleiner Perkins Caufield & Byers	Nvp Norwest Venture Partners	Gv Google Ventures	Sca Sequoia Capital
Bn Baracoda Networks	Trst Trusteer	Atg AVG Technologies	Kd Kruze Digital	Moi MobileIron	Ops OpenDNS

On OneLogin	Tse Thycotic Software	Ta Tanium	Bii BitDefender	Zs Zscaler	Sty Shift Technology
Cy Centrify	Nnl Nok Nok Labs	Lor LogRhythm	Cs Code42 Software	Th ThreatMatrix	Ga Guardian Analytics
Be BeyondTrust	Tra Trusona	Cr CrowdStrike	Sn SnooWall	Dn Distil Networks	Fot Forter
Seu SecureAuth	Iw iWelcome	Dg Digital Guardian	St StackPath	Ko Kount	Ze ZeroFOX
So Socure	Ve Veridu	Av Avesto	Loo LogicMonitor	Ju Jumio	Ri RippleShot
Trll Trulioo	Moq MoQom	Coa CounterTrack	Cl Cloudflare	Fe Feedzai	Ra Ravelin
Tn Tempered Networks	Sy Simplified	Cb Carbon Black	Il Illumio	Wo White Ops	Sii Simility

ISBN 978-966-2344-67-7

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

WINTER INFOCOM ADVANCED SOLUTIONS 2019

МАТЕРІАЛИ

**VIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

З ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

CONFERENCE PROCEEDINGS

8th SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

КИЇВ, УКРАЇНА

2-3 грудня 2019 року

ПРОГРАМА/PROGRAM

2 грудня	Інформаційні системи та технології	
	Хлівненко М.	Підсистема розпізнавання об'єктів для
	Писаренко А.	автомобільних систем автономного керування
	Зубрицький А.	Проектування архітектури системи дослідження тексту
	Покровський Є.	
	Савчук О.	Про моделювання надійності та оцінювання
	Моргаль О.	в системі хмарних сервісів
	Похиленко О.	
	Bodak B.	The impact and unforeseen challenges of E-
	Doroshenko A.	procurement systems in Canada
3 грудня	Оброблення інформації у складних системах	
	Холодович К.	Автоматизація пошуку помилок у сирих даних
	Букасов М.	та створення SDTM датасетів для медичних досліджень
	Писаренко О.	Аналіз коментарів за допомогою машинного
	Дорошенко А.	навчання
3 грудня	Poltorak V.	Analysis of the calculus basis boundary for redundant codes
	Інформаційні системи та технології	
	Kharabet R.	The use of radio-frequency identification in
	Pysarenko A.	information systems
	Дяченко К.	Інтегрована інформаційна система
	Писаренко А.	моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми
	Теленик А.	Автоматизована система віддаленої інсталяції програмного забезпечення
	Alhawawsha M.	Developing of the E-government System
	Anisimov A.	based on Java for Online Voting
	Безпека та захист інформації	
	Романчук С.	Аналіз особливостей державних стандартів ЕЦП на властивостях еліптичних кривих
	Калитюк Н.	Автентифікація зображень на основі методів цифрового підпису

Інтегрована інформаційна система моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми

Дяченко Каріне
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
diachenkokarine@gmail.com

Писаренко Андрій
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
andrew.pisarenko@gmail.com

Анотація. Запропоновано інтегровану інформаційну систему моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми та алгоритми, які застосовуються для аналізу великих даних та прогнозування стану здоров'я тварини.

Ключові слова: розумна ферма, датчики, інтернет речей, моніторинг, керування, алгоритми.

ВСТУП

Інтернет речей (IoT) почав відігравати головну роль у повсякденному житті, розширюючи наше сприйняття та здатність змінювати навколишнє середовище. З кожним днем все більше об'єктів мають якість мережеве підключення. Немає жодної сфери нашого життя, яку IoT не торкнеться у наступному десятилітті. Зокрема, агропромислова та сільськогосподарські сфери застосовують IoT як у діагностиці, так і в контролі. Таким чином, дана стаття має на меті застосувати IoT для моніторингу та керування розумною фермою.

Використання IoT призводить до великомасштабних або великих даних, які надають цінну інформацію для користувачів цих технологій. IoT можна використовувати для підтримки та допомоги фермерам у будь-якому виді сільського господарства. Власники ферм можуть використати час, котрий заощаджується, на інші види діяльності, щоб збільшити свою продуктивність і дохід.

За даними журналу Sensors, в найближчому майбутньому ринок натільних девайсів виросте з нинішнього \$ 1 млрд до \$ 2,5 млрд до 2025 р. Ця тенденція відображає популярність руху точного землеробства, де технологія впроваджена в кожен аспект життя аграрія: трактори обладнані автономними GPS-модулями; логістика на полях розробляється за допомогою дронів; автоматизовані доїльні апарати та інші футуристичні речі перейшли зі сфери наукової фантастики в реальний світ промислового сільського господарства [1].

Тому було вирішено саме розробити інтегровану інформаційну систему моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми. Так само як і для моніторингу врожаю, на розумній фермі є датчики IoT для сільського господарства, які можна застосувати для моніторингу та контролю за здоров'ям тварин. Технологія роботи аналогічна пристроям IoT для догляду за домашніми тваринами. Наприклад, SCR від Allflex та Cowlog використовують розумні сільськогосподарські датчики (нашийники) для надання інформації про температуру, здоров'я,

активність та харчування кожної окремої корови, а також колективну інформацію про стадо.

Система складається з трьох основних компонентів – це апаратне забезпечення, система відображення моніторингу фізіологічних та біологічних параметрів, та мобільний додаток, як показано на рис. 1. Тобто архітектура система складається з трьох частин, а саме рівня збору даних про навколишнє середовище, рівня комунікації і даних та рівня додатків. Спочатку відбувається збір даних навколишнього середовища від датчиків. Потім вони транспортуються на сервер, звідки накопичені дані передаються прикладним рівнем для моніторингу та керування.

Посилаючись на рис. 1 перший компонент був розроблений у формі блоку управління. Він призначений для управління пристроями IoT та отримання даних з датчиків. Було вирішено використати саме такі датчики для моніторингу та керування: акселерометр, GPS, датчик серцевого ритму, датчик електропровідності шкіри, термометр, альтиметр та пульсометр.

Детальніше про їх функції [2]:

1. Основна функція акселерометру – підрахунок кількості зроблених кроків тварини. Він також надає дані про положення в просторі і швидкість пересування тварини.
2. GPS дозволяє визначити координати тварини з високою точністю, використовуючи сигнал, який надсилають супутники. GPS модуль дозволяє визначити швидкість пересування та висоту над рівнем моря.
3. Сучасні оптичні датчики серцевого ритму фіксують зміни рівня поглинання світла, які спричинені зміною кількості крові у судодах. Спеціальний алгоритм на основі цих даних визначає частоту серцевого ритму. Найбільш просунуті датчики серцевого ритму наближуються по точності до ЕКГ.
4. Модулі датчику електропровідності шкіри призначені для вимірювання провідності шкіри. Чим більше вологи на шкірі, тим краща її провідність.
5. Навіть елементарний термометр може надати точну оцінку температури шкіри. Інформація про температуру шкіри порівнюється з показами інших датчиків, після чого в систему відображення надаються дані про активність та стан тварини.
6. Альтиметр фіксує підняття та спуски.
7. Пульсометр працює по електрокардіосигналу. Надає інформацію про пульс тварини.

Другий компонент – це система відображення моніторингу фізіологічних та біологічних параметрів. Вона застосовується в системі для управління інформацією в реальному часі з пристроїв IoT. Веб-додаток дозволяє фермеру відслідковувати стан здоров'я тварини та контролювати її потреби. Ці дані будуть проаналізовані для прогнозування потреб тварин у майбутньому.

Третій компонент – це мобільний додаток. Він застосовується в системі для віддаленого моніторингу та контролю стану здоров'я тварини.

даних у вигляді діаграм або анімації для спрощення інтерпретації полегшення розуміння отриманих результатів.

ВИСНОВКИ

IoT було застосовано для розумної ферми, щоб відстежити та прогнозувати стан здоров'я тварини. Було розроблено інтегровану інформаційну систему моніторингу та керування на основі інтернету речей для розумної ферми. Тематика системи є актуальною адже найближчим часом мільярди одиниць

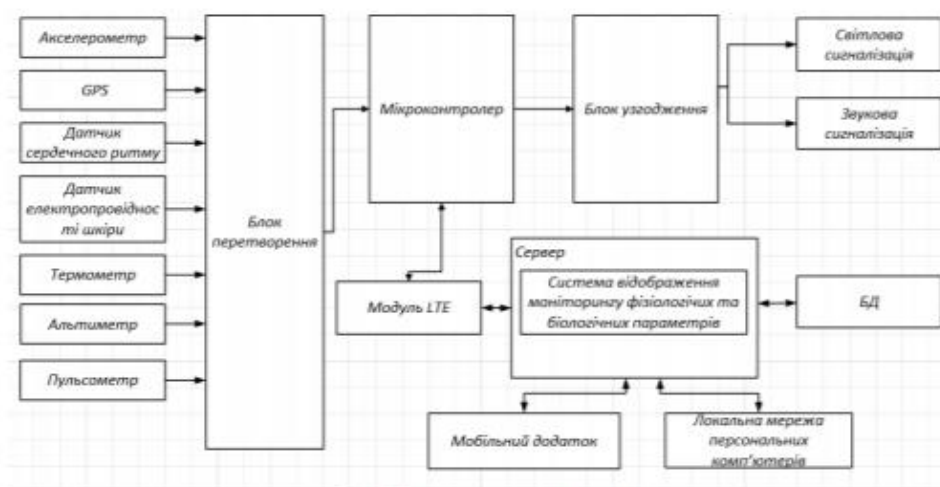


Рис. 1. Схема електрична структурна

Для моніторингу даних використовуються такі алгоритми [3]:

1. Cluster analysis. Статистичний метод класифікації об'єктів по групах за рахунок виявлення наперед невідомих загальних ознак.
2. Crowdsourcing. Методика збору даних з великої кількості джерел.
3. Genetic algorithms. У цій методиці можливі рішення представляють у вигляді «хромосом», які можуть комбінуватися і мутувати. Як і в процесі природної еволюції, виживає найбільш пристосована особина.
4. Візуалізація. Методи графічного представлення результатів аналізу великих

обладнання будуть підключені один до одного - все від найменших побутових речей до розумного міста, де дані будуть зібрані та проаналізовані в режимі реального часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://www.business.ua/strategies/4264-vrozhaiyi-hadzhet-suchasni-tehnologii-na-sluzhbi-u-ahraryiv> (дата звернення 05.11.2019)
2. <https://ru.mouser.com/applications/smart-agriculture-sensors/> (дата звернення 05.11.2019)
3. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10922> (дата звернення 06.11.2019)